

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-305336

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

H01F 10/16

H01F 10/32

H01L 43/12

(21)Application number : 2001-109874

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 09.04.2001

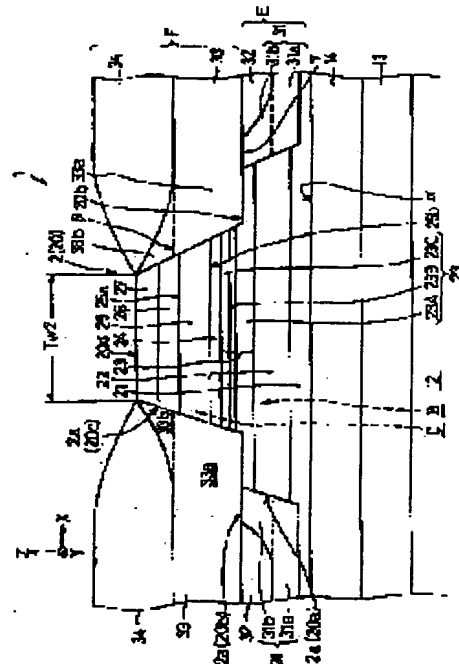
(72)Inventor : OSHIMA MASAHIRO

## (54) SPIN-VALVE-TYPE THIN-FILM ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that it is difficult to reliably stabilize reproduction characteristics, and it is inconvenient to reduce track width.

**SOLUTION:** An entire multilayer film 20 is formed nearly in a projection shape having a base section B (step surface 20b) where the lower side of a slope in contact with the regions at both sides in a track region projects toward a track width direction, and a projection C on the base B, at least an entire antiferromagnetic layer 22, and one portion of a fixed magnetic layer 23 are provided. Contrarily, in the regions at both the sides opposite to the projection C, a flat section 33a of a second hard bias layer 33 is directly brought into contact with a free magnetic layer 25.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3699000

[Date of registration]

15.07.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

29

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The multilayer which carried out the laminating to order to the truck field including the antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer, the nonmagnetic conductive layer, and the free layer at least and which demonstrates a magneto-resistive effect, Carried out the couple laminating to order from the bottom to the both-sides field located in the both sides across said truck field. When it is the spin bulb mold thin film equipped with the 1st hard bias layer, the 2nd hard bias layer, and an electrode layer at least and said multilayer sees from an opposed face with a record medium While presenting the whole rough convex shaped which has the base located in the lower part of the direction of a laminating, and the lobe by which the laminating was carried out on said base including said free magnetic layer and forming and arranging said 1st hard bias layer in the both-sides field of said base While contacting the both-sides field of said lobe directly in the both-sides side of a free magnetic layer, forming and arranging said 2nd hard bias layer and arranging the direction of the top face of the flat part of said 2nd hard bias layer more nearly up than the top face of said free magnetic layer The spin bulb mold thin film characterized by carrying out the laminating of the 2nd hard bias layer by which the direction of the underside of said flat part has been caudad arranged, and was formed in the both-sides field of said lobe rather than the underside of a free magnetic layer so that the 1st hard bias layer formed in the both-sides field of said base may be contacted.

[Claim 2] The spin bulb mold thin film according to claim 1 characterized by containing all the antiferromagnetism layers and a part of fixed magnetic layer [ at least ] at least in said base.

[Claim 3] The spin bulb mold thin film according to claim 1 or 2 characterized by preparing a bias substrate layer in the bottom of said 1st hard bias layer.

[Claim 4] The spin bulb mold thin film according to claim 3 characterized by including the crystal in which [211] or [200] sides carried out orientation to the film surface perpendicular direction at least by said bias substrate layer consisting of Cr.

[Claim 5] The spin bulb mold thin film according to claim 1 to which at least one side is characterized by being a CoPt alloy or a CoCrPt alloy among said 1st and 2nd hard bias layers.

[Claim 6] The spin bulb mold thin film according to claim 5 characterized by being the configuration in which said CoPt alloy or the CoCrPt alloy included the crystal in which [002] sides carried out orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[Claim 7] The spin bulb mold thin film according to claim 5 characterized by said CoPt alloy or a CoCrPt alloy being the configuration in which [002] sides carried out precedence orientation to the film surface perpendicular direction.

[Claim 8] The spin bulb mold thin film according to claim 5 characterized by [002] sides carrying out precedence orientation including the crystal in which [100] and [002] sides carried out [ said CoPt alloy or the CoCrPt alloy ] orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[Claim 9] The spin bulb mold thin film according to claim 1 characterized by forming the BAKKUDO layer which consists of a nonmagnetic electrical conducting material on the free magnetic layer in said multilayer.

[Claim 10] The spin bulb mold thin film according to claim 1 characterized by forming a specular reflection layer in said multilayer.

[Claim 11] The spin bulb mold thin film according to claim 1 or 9 characterized by said free magnetic layer being the configuration which carried out the laminating of the 1st free magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd free magnetic layer to order from the bottom.

[Claim 12] The spin bulb mold thin film according to claim 1 characterized by said fixed magnetic layer being the configuration which carried out the laminating of the 1st fixed magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd fixed magnetic layer to order from the bottom.

[Claim 13] The multilayer which carried out the laminating to order to the truck field including the

antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer, the nonmagnetic conductive layer, and the free layer at least and which demonstrates a magneto-resistive effect, Carried out the couple laminating to order from the bottom to the both-sides field located in the both sides across said truck field. It is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film equipped with the 1st hard bias layer, the 2nd hard bias layer, and an electrode layer at least. Leave the multilayer of said truck field and it removes to a part of lower gap layer of the both-sides field. After carrying out the laminating of the 1st hard bias layer to said both-sides field removed on both sides of the multilayer of said truck field, The free magnetic layer of said multilayer is deeper than the depth by which the laminating was carried out, and it pretreats by removing a lateral portion and both-sides field including the side face adjacent to the both-sides field of said multilayer. Then, the manufacture approach of the spin bulb mold thin film characterized by contacting the 1st hard bias layer and making the lateral portion and both-sides field of a multilayer which were removed carry out the laminating of the 2nd hard bias layer.

[Claim 14] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by containing all the antiferromagnetism layers and a part of fixed magnetic layer [ at least ] at least in said base.

[Claim 15] While said 2nd hard bias layer is arranged rather than the top face of a free magnetic layer in an upper part location, the direction of the top face of the flat part estranged from the ramp which touches the side face of a free magnetic layer The underside of a flat part is caudad arranged rather than the underside of a free magnetic layer. Directly under this 2nd hard bias layer The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by contacting the side face of said lobe and forming the 1st hard bias layer formed at the process before the membrane formation process of said 2nd hard bias layer.

[Claim 16] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by preparing a bias substrate layer in the bottom of said 1st hard bias layer.

[Claim 17] Said bias substrate layer is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 16 characterized by consisting of Cr and [211] or [200] sides carrying out orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[Claim 18] At least one side of said 1st and 2nd hard bias layers is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by consisting of either a CoPt alloy or a CoCrPt alloy.

[Claim 19] Said CoPt alloy or a CoCrPt alloy is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 18 characterized by including the crystal in which [002] sides carry out orientation to a film surface perpendicular direction at least.

[Claim 20] Said CoPt alloy or a CoCrPt alloy is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 18 characterized by [002] sides carrying out precedence orientation to the film surface perpendicular direction.

[Claim 21] Said CoPt alloy or a CoCrPt alloy is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 18 characterized by [002] sides carrying out precedence orientation including the crystal in which [100] and [002] sides carry out orientation to a film surface perpendicular direction at least.

[Claim 22] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by forming a BAKKUDO layer in said multilayer.

[Claim 23] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by forming a specular reflection layer in said multilayer.

[Claim 24] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 or 15 characterized by said free magnetic layer being the configuration which carried out the laminating of the 1st free magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd free magnetic layer to order from the bottom.

[Claim 25] The manufacture approach of the spin bulb mold thin film according to claim 13 characterized by said fixed magnetic layer being the configuration which carries out the laminating of the 1st fixed magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd fixed magnetic layer to order from the bottom.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the spin bulb mold thin film from which electric resistance changes by the relation between the direction of magnetization of a fixed magnetic layer, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which changes under the effect of an external magnetic field, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] About the spin bulb mold thin film (spin bulb mold thin film magnetic head) from which the record field from record media, such as a hard disk, is detected, and electric resistance changes, the conventional structure is shown in drawing 14.

[0003] The predetermined field corresponding to [ as shown in this drawing at this spin bulb mold thin film ] the width of recording track Tw While forming the multilayer 100 which presents the abbreviation trapezoidal shape which carried out the laminating of the antiferromagnetism layer 101, the fixed magnetic layer 102, the nonmagnetic conductive layer 103, and the free magnetic layer 104, and demonstrates a magneto-resistive effect in a (following and truck field) The thing of a configuration of having formed the hard bias layer 105, the electrode layer 106, etc. in these both sides (it being hereafter called a both-sides field) one pair is known.

[0004] Thus, in the constituted spin bulb mold thin film, the magnetization direction of the free magnetic layer 104 is arranged in the same direction of X by the field of the hard bias layer 105 (bias field) magnetized in the width-of-recording-track (X) direction. Moreover, in this spin bulb mold thin film, the stationary current (sense current) is given to the fixed magnetic layer 102, the nonmagnetic conductive layer 103, and the free magnetic layer 104 from the electrode layer 106 formed on the hard bias layer 105.

[0005] On the other hand, the transit direction of the record medium besides a graphic display is the direction of a laminating (Z), and if the signal field from this record medium is given in the height (Y) direction, the direction of magnetization within the free magnetic layer 104 will change from X towards the direction of Y. Therefore, an electric resistance value changes by the relation between fluctuation of the direction of magnetization within this free magnetic layer 104, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 102, and the signal field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0006] By the way, in such a spin bulb mold thin film, it is possible to raise the crystallinity of the hard bias layer 105 and to increase a bias field, and becomes easy to perform single domain-ization of the free magnetic layer 104 by for example making the bias substrate layers 107, such as Cr, intervene.

[0007] However, by such spin bulb mold thin film of a configuration, the field (this is hereafter called a ramp) which inclined towards multilayer 100 top-face 100A of this bias substrate layer 107 intervenes among these both sides by the thing of a configuration of having formed the bias substrate layer 107, for example. Therefore, if the thickness of this bias substrate layer 107 is thick, the bias field which acts on the free magnetic layer 104 from the hard bias layer 105 will be able to weaken under the effect of the ramp of the bias substrate layer 107. For this reason, stability cannot be secured and good reproducing characteristics are not acquired.

[0008] On the other hand, when the thickness of this bias substrate layer 107 is thin, an unnecessary switched connection field is produced between the antiferromagnetism layer 101 and the hard bias layer 105, and there is a possibility that the orthogonality of the magnetization direction of the antiferromagnetism layer 101 and the magnetization direction of the hard bias layer 105 may be mutually spoiled for both magnetization in response to effect.

[0009] Moreover, in such a spin bulb mold thin film of a configuration, in drawing 14, field 105A (it is

hereafter called a ramp) toward which the hard bias layer 105 inclined adjoins side-face 100B toward which the multilayer 100 inclined, and it runs aground to it, and since only ramp 105A especially tapered off and made into the both sides of the free magnetic layer 104 adjoins, there is a possibility that sufficient bias field for the free magnetic layer 104 cannot be impressed. That is, since flat field 105B (it is hereafter called a flat part) of the hard bias layer 105 adjoins the free magnetic layer 104 and is not arranged, sufficient bias field for the free magnetic layer 104 will not be able to be impressed, but a Barkhausen noise will be produced. [0010] Then, this invention aims at offering the suitable spin bulb mold thin film for reservation and narrow-track-izing and its manufacture approach of stabilization of reproducing characteristics in view of the above-mentioned situation.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The multilayer which carried out the laminating of the spin bulb mold thin film of this invention to order to the truck field including the antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer, the nonmagnetic conductive layer, and the free layer at least and which demonstrates a magneto-resistive effect, Carried out the couple laminating to order from the bottom to the both-sides field located in the both sides across said truck field. When it is the spin bulb mold thin film equipped with the 1st hard bias layer, the 2nd hard bias layer, and an electrode layer at least and said multilayer sees from an opposed face with a record medium While presenting the whole rough convex shaped which has the base located in the lower part of the direction of a laminating, and the lobe by which the laminating was carried out on said base including said free magnetic layer and forming and arranging said 1st hard bias layer in the both-sides field of said base While contacting the both-sides field of said lobe directly in the both-sides side of a free magnetic layer, forming and arranging said 2nd hard bias layer and arranging the direction of the top face of the flat part of said 2nd hard bias layer more nearly up than the top face of said free magnetic layer The 2nd hard bias layer by which the direction of the underside of said flat part has been caudad arranged, and was formed in the both-sides field of said lobe rather than the underside of a free magnetic layer is characterized by carrying out a laminating so that the 1st hard bias layer formed in the both-sides field of said base may be contacted.

[0012] In said base, it is desirable that all the antiferromagnetism layers and a part of fixed magnetic layer [ at least ] are contained at least.

[0013] It is desirable to prepare a bias substrate layer in the bottom of said 1st hard bias layer.

[0014] It is desirable to include the crystal in which [211] or [200] sides carried out orientation to the film surface perpendicular direction at least by said bias substrate layer consisting of Cr.

[0015] It is desirable that at least one side is a CoPt alloy or a CoCrPt alloy among said 1st and 2nd hard bias layers.

[0016] It is desirable that it is the configuration in which said CoPt alloy or the CoCrPt alloy included the crystal in which [002] sides carried out orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[0017] It is desirable that said CoPt alloy or a CoCrPt alloy is the configuration in which [002] sides carried out precedence orientation to the film surface perpendicular direction.

[0018] It is desirable that [002] sides are carrying out precedence orientation including the crystal in which [100] and [002] sides carried out [ said CoPt alloy or the CoCrPt alloy ] orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[0019] It is desirable that the BAKKUDO layer which consists of a nonmagnetic electrical conducting material on the free magnetic layer in said multilayer is formed.

[0020] The specular reflection layer may be formed in said multilayer.

[0021] The configuration which carried out the laminating of the 1st free magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd free magnetic layer to order from the bottom is sufficient as said free magnetic layer.

[0022] The configuration which carried out the laminating of the 1st fixed magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd fixed magnetic layer to order from the bottom is sufficient as said fixed magnetic layer.

[0023] Moreover, the manufacture approach of the spin bulb mold thin film this invention The multilayer which carried out the laminating to order to the truck field including the antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer, the nonmagnetic conductive layer, and the free layer at least and which demonstrates a magneto-resistive effect, Carried out the couple laminating to order from the bottom to the both-sides field located in the both sides across said truck field. It is the manufacture approach of the spin bulb mold thin film equipped with the 1st hard bias layer, the 2nd hard bias layer, and an electrode layer at least. Leave the multilayer of said truck field and it removes to a part of lower gap layer of the both-sides field. After carrying out the laminating of the 1st hard bias layer to said both-sides field removed on both sides of the multilayer of said truck field, The free magnetic layer of said multilayer is deeper than the depth by which

the laminating was carried out, and it pretreats by removing a lateral portion and both-sides field including the side face adjacent to the both-sides field of said multilayer. Then, it is characterized by contacting the 1st hard bias layer and making the lateral portion and both-sides field of a multilayer which were shaved off carry out the laminating of the 2nd hard bias layer.

[0024] Moreover, it is desirable that all the antiferromagnetism layers and a part of fixed magnetic layer [ at least ] are contained at least by this manufacture approach in said base.

[0025] By this manufacture approach, moreover, said 2nd hard bias layer While the top face of the flat part estranged from the ramp which touches the side face of a free magnetic layer is arranged rather than the top face of a free magnetic layer in an upper part location The underside of a flat part is caudad arranged rather than the underside of a free magnetic layer, it contacts the side face of said lobe directly under this 2nd hard bias layer, and the 1st hard bias layer formed at the process before the membrane formation process of said 2nd hard bias layer is formed.

[0026] Moreover, it is desirable to prepare a bias substrate layer in the bottom of said 1st hard bias layer by this manufacture approach.

[0027] Moreover, it is desirable that said bias substrate layer consists of Cr by this manufacture approach, and [211] or [200] sides are carrying out orientation to the film surface perpendicular direction at least.

[0028] Moreover, as for at least one side of said 1st and 2nd hard bias layers, by this manufacture approach, it is desirable to consist of either a CoPt alloy or a CoCrPt alloy.

[0029] Moreover, as for said CoPt alloy or a CoCrPt alloy, by this manufacture approach, it is desirable to include the crystal in which [002] sides carry out orientation to a film surface perpendicular direction at least.

[0030] Moreover, as for said CoPt alloy or a CoCrPt alloy, by this manufacture approach, it is desirable that [002] sides are carrying out precedence orientation to the film surface perpendicular direction.

[0031] Moreover, as for said CoPt alloy or a CoCrPt alloy, by this manufacture approach, it is desirable that [002] sides are carrying out precedence orientation including the crystal in which [100] and [002] sides carry out orientation to a film surface perpendicular direction at least.

[0032] The BAKKUDO layer may be formed in said multilayer.

[0033] The specular reflection layer may be formed in said multilayer.

[0034] The configuration which carried out the laminating of the 1st free magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd free magnetic layer to order from the bottom is sufficient as said free magnetic layer.

[0035] The configuration which carries out the laminating of the 1st fixed magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 2nd fixed magnetic layer to order from the bottom is sufficient as said fixed magnetic layer.

[0036]

[Embodiment of the Invention] [Operation gestalt of \*\* 1st] drawing 1 hereafter explained about the gestalt of implementation of this invention while referring to an accompanying drawing is the sectional view seen from the ABS side which is an opposed face with magnetic-recording media, such as a hard disk besides a graphic display of the condition in the middle of manufacture of the thin film magnetic head 1 concerning the 1st operation gestalt of this invention. The magneto-resistive effect component 2 of the bottom product spin bulb mold which is a kind using giant magneto-resistance of a GMR (giant magnetoresistive) component is used for this thin film magnetic head 1.

[0037] This thin film magnetic head 1 is formed in the trailing side edge section of the floatation type slider formed in the hard disk drive unit besides a graphic display etc., and detects the record MAG information currently recorded on the magnetic-recording medium by super-high density. Here, the migration direction of magnetic-recording media, such as a hard disk, is the direction of a laminating (Z), and the direction of the signal field from this magnetic-recording medium is the height (Y) direction. In addition, although this thin film magnetic head 1 is used as the magnetic head for playback, on this thin film magnetic head 1 (Z direction), the laminating of the inductive head for record may be carried out.

[0038] In drawing 1, the substrate 12 located in the lowest layer is formed with ceramic ingredients, such as alumina titanium carbide (AlTiC). On this substrate 12, the protective layer besides a graphic display (undershirt coat) is formed. This protective layer is formed with the alumina (aluminum 2O3) etc.

[0039] The lower shielding layer 13 is formed on the protective layer. This lower shielding layer 13 is for performing magnetic shielding to the lower part side of the magneto-resistive effect component 2, and is formed with the magnetic material.

[0040] Furthermore, the lower gap layer 14 is formed in the upper part of this lower shielding layer 13. This lower gap layer 14 is for securing the electric insulation between the electrode layers 34 and the lower shielding layers 13 which are mentioned later, and the alumina (aluminum 2O3) is used as an ingredient.

[0041] And the magneto-resistive effect component 2 is formed in the top face alpha of this lower gap layer 14 (forming face of a magneto-resistive effect component).

[0042] For this magneto-resistive effect component 2, it has the multilayer 20 which demonstrates the magneto-resistive effect of a configuration of being called the thin film of a bottom product spin bulb mold.

[0043] This multilayer 20 is made to carry out the laminating of the seed layer layer 21, the antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, the nonmagnetic conductive layer 24, the free magnetic layer 25, the BAKKUDO layer 26, and the protective layer 27 to order from the bottom. The width method of 20d of this top face constitutes the measurable width of recording track (Tw2) from this multilayer 20 optically.

[0044] Although explained in full detail behind, after this multilayer 20 forms each class on the forming face alpha of the magneto-resistive effect component 2 first, it forms the resist film R1 (refer to drawing 6 and drawing 7) for the 1st lift off in 20d of top faces of the center section of this multilayer 20, and etches and removes the field (it is hereafter called a both-sides field) of the both sides of the multilayer 20 which is not covered with this 1st resist film R1 by ion milling etc.

[0045] In this case, the resist film R2 (however, the 2nd resist film R2 is smaller than the 1st resist film R1 0.2-0.4 micrometers) further for the 2nd lift off is formed, and it etches again. For this reason, a multilayer 20 can be formed in whole rough convex shaped as shown in drawing 1.

[0046] In the outline cross section shown in drawing 1 when this multilayer 20 looks at the height direction from an ABS side side The base B where only the part which is equivalent to step side 20b in the direction lower part of (Laminating Z) is prolonged in the width-of-recording-track (X) direction While having the structure of having the lobe C on this base B and containing a part of seed REIA layer (substrate layer) 21, antiferromagnetism layer 22, and fixed magnetic layer 23 in Base B Most, the nonmagnetic conductive layer 24, the free magnetic layer 25, the BAKKUDO layer 26, and protective layer 27 of the fixed magnetic layer 23 are contained in Lobe C.

[0047] The seed layer layer 21 consists of orientation layers (figure abbreviation) formed with the non-magnetic material or magnetic material which carried out the laminating to the substrate layer (figure abbreviation) on this. In addition, although this seed layer layer 21 may be constituted only from an orientation layer formed with the much more non-magnetic material or the much more magnetic material, it is more desirable to form the substrate layer, in order to prepare the crystal orientation of an orientation layer.

[0048] As for a substrate layer, it is desirable to form by at least one sort or two sorts or more in Ta (tantalum), Hf (hafnium), Nb (niobium), Zr (zirconium), Ti (titanium), Mo (molybdenum), and W (tungsten).

[0049] It is desirable to form especially with high electrical resistance materials on the other hand, although an orientation layer is formed by the magnetic material or the non-magnetic material as mentioned above. As for this orientation layer, it is desirable to form for example, with a NiFeY alloy (however, at least one or more sorts as which Y is chosen from Cr, Rh, Ta, Hf, Nb, Zr, and Ti). Among these, as for an orientation layer, forming with a NiFeCr alloy is more desirable. It is because the precedence orientation of the field (111) of this orientation layer can be made to carry out in the direction parallel to an interface with the antiferromagnetism layer 22 more appropriately and it is further made to high specific resistance.

[0050] Moreover, it is possible to control the diversion of river to the seed layer layer 21 of a sense current which flows from the electrode layer 34 later mentioned as an orientation layer is high specific resistance. Resistance rate of change ( $\Delta MR$ ) can be raised by this, and a Barkhausen noise can be decreased.

[0051] The antiferromagnetism layer 22 is formed in the top face (the forming face alpha of a magneto-resistive effect component) of the seed layer layer 21. Although this antiferromagnetism layer 22 is formed from PtMn (platinum manganese) For example, the antiferromagnetism ingredient containing Elements X (however, X is one sort or two sorts or more of elements among Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and Os), and Mn, Or Element X and an element X' alloy (however, element X') Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, aluminum, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, nickel, Cu, Zn, Ga, germanium, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, and the inside of rare earth elements -- one sort or two sorts or more of elements -- it is -- it can form with the antiferromagnetism ingredient containing Mn. These antiferromagnetism ingredients are excellent in corrosion resistance, and moreover, its blocking temperature is also high and they may generate a big switched connection field in an interface with the fixed magnetic layer 23 explained below.

[0052] Next, the fixed magnetic layer 23 is formed on this antiferromagnetism layer 22. Although the fixed magnetic layer 23 consists of synthetic ferry pinned layers (SFP) which consisted of the 1st fixed magnetic layer 23A, nonmagnetic middle class 23B, and the 2nd fixed magnetic layer 23C, it may be monolayer structure. Although 1st fixed magnetic layer 23A and 2nd fixed magnetic layer 23C are formed for example,



with the CoFe alloy, they may be formed with Co film, a NiFe alloy, a CoNiFe alloy, a CoFe alloy, etc. In addition, nonmagnetic interlayer 23B is formed with ingredients, such as Ru, Rh, and Ir.

[0053] This 3 lamination changes mutually the magnetization direction of 1st magnetic layer 23A and 2nd magnetic layer 23C into an anti-parallel condition. This can enlarge the switched connection field which it is called the so-called ferrimagnetism condition, and magnetization of the fixed magnetic layer 23 changes into the condition of having been stabilized, and is generated in the interface of the fixed magnetic layer 23 and the antiferromagnetism layer 22. After the laminating of this fixed magnetic layer 23 is carried out, magnetization of the fixed magnetic layer 23 is firmly fixed in the height direction (the direction of graphic display Y) by the switched connection field generated in the interface of the fixed magnetic layer 23 and the antiferromagnetism layer 22 by giving annealing in a magnetic field to the height direction (the direction of graphic display Y).

[0054] The nonmagnetic conductive layer 24 is formed on this fixed magnetic layer 23. This nonmagnetic conductive layer 24 is formed with a conductive ingredient with low electric resistance, such as Cu.

[0055] Next, the free magnetic layer 25 is formed on said nonmagnetic conductive layer 24. This free magnetic layer 25 is formed with a NiFe alloy, a CoFe alloy, Co, a CoNiFe alloy, etc. Moreover, this free magnetic layer 25 may prepare Cr or Co film in the nonmagnetic conductive layer 24 and the side which counters further. Thereby, diffusion of the metallic element in an interface with the nonmagnetic conductive layer 24 etc. can be prevented, and resistance rate of change ( $\Delta GMR$ ) can be enlarged.

[0056] In addition, as this free magnetic layer 25, you may be the synthetic ferry free (SFF) structure of having the 1st free magnetic layer, the nonmagnetic middle class, and the 2nd free magnetic layer. While a CoFeNi alloy uses a presentation, being the thing of a monolayer, respectively and limiting at the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer in the case of this synthetic ferry free structure, although Ru, Rh, Ir, etc. are usable as an ingredient to a nonmagnetic interlayer, to him, Ru is desirable.

[0057] Thereby, similarly, magnetization of the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer can be mutually considered as anti-parallel, can hold magnetization of each free magnetic layer in the condition of having been stabilized, and can form the magnetic thickness of each free magnetic layer thinly. Consequently, while the 1st and 2nd magnetic layers maintain anti-parallel to an external magnetic field, it becomes easy to be reversed, and magnetization of a free magnetic layer can aim at improvement in reproducing characteristics. This ferry structure may be formed in either the fixed magnetic layer 23 or the free magnetic layer 25.

[0058] Next, the BAKKUDO layer 26 is formed on the free magnetic layer 25. This BAKKUDO layer 26 can consist of ingredients chosen from the group which consists of metallic materials and nonmagnetic electrical conducting materials, such as Cu, and consists of Au, Ag, and Cu. By this BAKKUDO layer 26, the average free process (mean free path) in the electron of rise spin (upward spin; up spin) contributed to a magneto-resistive effect is extended, big  $\Delta R/R$  (resistance rate of change) is obtained in a spin bulb mold thin film according to the so-called spin filter effectiveness (spin filter effect), and a response in the formation of high density record is attained.

[0059] In addition, the laminating of the specular reflection layer may be carried out on this BAKKUDO layer 26. Thus, if constituted, since the spin filter effectiveness and coincidence can be made to be able to discover the specular reflection effectiveness (specular effect) and the average free process of the conduction electron of rise spin can be developed substantially, an average free process difference with the conduction electron of down spin (downward spin; down spin) can be made to expand enough now, and resistance rate of change ( $\Delta R/R$ ) can be raised further.

[0060] in addition, as an insulating material which constitutes a specular reflection layer Alpha-Fe 2O<sub>3</sub>, NiO and CoO, Co-Fe-O, Co-Fe-nickel-O, aluminum 2O<sub>3</sub>, aluminum-Q-O (here, Q) One or more sorts of atoms, R-O (here, R) which are chosen from B, Si, N, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel Oxides, such as one or more sorts of atoms chosen from Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W, aluminum-N, AL-Q-N (here, Q) Nitrides chosen from B, Si, N, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, such as one or more sorts of atoms and R-N (one or more sorts of atoms with which R is chosen from Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W here), can be mentioned.

[0061] Here, as a specular reflection layer, when the antiferromagnetic substance, such as alpha-Fe 2O<sub>3</sub> and NiO, is used, it can serve both as a part or all of a bias layer by the specular reflection layer. Furthermore, the means which consists of a semimetal Heusler alloy can be adopted as an insulating material which constitutes this specular reflection layer, and any one or more the monolayers or the multilayers of NiMnSb and the PtMnSb are sufficient. By adopting these ingredients, it is possible to form enough potential barriers between the adjoining layers, and, thereby, sufficient specular reflection effectiveness can be acquired.

[0062] Furthermore, a protective layer 27 is formed on this BAKKUDO layer 26. This protective layer 27 is

formed by Ta etc.

[0063] having described above -- seed -- a layer -- a layer -- 21 -- from -- a protective layer -- 27 -- up to -- each class -- constituting -- having -- a multilayer -- 20 -- \*\*\*\* -- seed -- a layer -- a layer -- 21 -- from -- antiferromagnetism -- a layer -- 22 -- and -- immobilization -- a magnetic layer -- 23 -- a part -- up to -- constituting -- a base -- B -- the width of recording track -- (( X --)) -- a direction -- both sides -- a field -- two -- a -- having continued -- the -- one -- an inclined plane -- 20 -- a -- forming -- \*\*\*\* . Furthermore, upwards, both-sides side 2a of the width-of-recording-track (X) direction of Lobe C forms 2nd inclined plane 20c which continued to the top face of said protective layer 30 from step side 20b which is the top face of this base B.

[0064] After a multilayer 20 forms each class on a forming face alpha, using the 2nd resist film R2 for lift offs (narrow) which narrowed width of face, the both-sides field of the multilayer 20 which is not covered with these resist film R1 etches it by ion milling etc. again, and it is removed from the 1st resist film R1 for lift offs (it is broad), and the 1st resist film R1. Thereby, a multilayer 20 is formed in the whole rough convex shaped in which step side 20b parallel to the width-of-recording-track (X) direction was formed between the 1st inclined plane and the 2nd inclined plane when it watches from the ABS side which is an opposed face with a magnetic-recording medium.

[0065] That is, it forms in trapezoidal shape as left a part of seed layer layer 21, and removed all each class of the upside, for example, shown in drawing 6 and drawing 7 in the both-sides field of a multilayer 20. In this case, the inclination to the forming face alpha of both-sides side 2a of the base B of a multilayer 20, i.e., 1st inclined plane 20a, can be formed in a desired include angle by etching and removing the multilayer of this both-sides field for example, by the lift-off method.

[0066] Thus, in the both-sides field of the multilayer 20 formed in trapezoidal shape, the laminating of the bias substrate layer 31, the 1st hard bias layer 32, the 2nd hard bias layer 33, the electrode layer 34, and the protective layer besides a graphic display is carried out to order from the bottom, respectively. Among these, as shown in drawing 10 , the 2nd hard bias layer 33 is formed on step side 20b, and it is directly arranged adjacently to the both-sides field of the free magnetic layer 25 by flat part 33a of the 2nd hard bias layer 33. Bias field sufficient by making the 2nd hard bias layer 33 into such structure can be impressed now to the free magnetic layer 25.

[0067] in addition, in the both-sides field which sandwiched this multilayer 20 When it sees from the ABS side which is an opposed face which attends a magnetic-recording medium, it sets in the direction lower part of a laminating. It has the structure of having the both-sides upper part F which carried out the laminating and which was prepared on this both-sides base E in the condition of touching from a top step side 20b of the both-sides base E prepared in contact with side-face 2a (the 1st inclined plane 20a) of the direction both sides of width-of-recording-track (X) of the base B of a multilayer 20, and Base B. Among these, while the bias substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 are contained in the both-sides base E, the 2nd hard bias layer 33 and electrode layer 34 are contained in the both-sides upper part F.

[0068] Moreover, in drawing 10 , in the 2nd hard bias layer 33, although it is the configuration equipped with ramp 33b which contacts the side face of the free magnetic layer 25, i.e., inclined plane 20 of \*\* 2nd c, directly, and is arranged, and flat part 33a prepared in the lower part of this ramp 33b, the top face beta of this flat part 33a is arranged rather than top-face 25a of the free magnetic layer 25 in an upper part location. On the other hand, the direction of the underside gamma of this flat part 33a is caudad arranged rather than underside 25b of the free magnetic layer 25. In addition, the 2nd hard bias layer 33 of this operation gestalt touches the 1st hard bias layer 32 electrically.

[0069] Drawing 2 is the fragmentary sectional view which expanded only a part for the left flank of the thin film magnetic head shown in drawing 1 . As shown in this drawing 2 , in the both-sides field of a multilayer 20, the bias substrate layer 31, the 1st hard bias layer 32, the 2nd hard bias layer 33, and the electrode layer 34 are formed from the bottom on the forming face alpha at ranking.

[0070] Since the bias substrate layer 31 is not formed between both-sides side 2a (the 2nd inclined plane 20c) of the lobe C of a multilayer 20, the 2nd hard bias layer 33 can contact the free magnetic layer 25 in the 2nd hard bias layer 33 directly, so that this drawing 2 may show. For this reason, the playback output which can be made to impress a bias field to the direct free magnetic layer 25 by ferromagnetic association now, and the switched connection force acted it directly among both sides, and was stabilized can be obtained now. In this case, of course, since the 1st hard bias layer 32 does not contact the antiferromagnetism layer 22, it does not produce the inconvenience that the switched connection force acts, among these both sides.

[0071] Moreover, although the bias substrate layer 31 consists of flat part 31a formed on the lower gap layer 14, and ramp 31b formed on this flat part 31a as shown in drawing 10 , it makes the milling performed to the 2nd time which used the 2nd resist film R2 have removed the upper part of ramp 31b.

[0072] This bias substrate layer 31 is formed by the metal membrane in which the crystal structure has body-centered cubic structure (bcc structure). That is, although it is desirable to be formed by any one sort or two sorts or more of elements of Cr, W, Mo, V, Mn, Nb, and Ta, forming by Cr film especially is desirable. This Cr film is because it excels in the function to prepare the crystal orientation of the 1st hard bias layer 32 and coercive force of the 1st hard bias layer 32 can be enlarged appropriately.

[0073] Moreover, if the membrane formation include angle theta when forming membranes by IBD from the normal of a substrate and the direction of the include angle theta to make forms this bias substrate layer 31 at 20 degrees (the direction of a normal of a substrate was made into 0 times) when Cr is used, as shown in drawing 11, precedence crystal orientation will be set to (110). Moreover, in the bias substrate layer 31 using Cr of a body-centered cubic lattice (bcc), if the membrane formation include angle theta is formed at 50 degrees, for example, as shown in drawing 12, precedence crystal orientation will be set to (211) and (200) other than (110). Thus, if the direction (211) of crystal orientation of Cr is included, crystal orientation with CoPt which is an example of the 1st hard bias layer 32 will carry out precedence orientation to [100], crystal orientation which the c axis of hexagonal CoPt turns to in a field will be included, and the coercive force of the 1st hard bias layer 32 can be increased (200).

[0074] Thus, the reason for forming the bias substrate layer 31 by the metal membrane which has a crystal structure and a crystal stacking tendency is for increasing the coercive force of the 1st hard bias layer 32 formed on this bias substrate layer 31. Moreover, although the crystallinity of the bias substrate layer 31 will fall to a loan and the crystallinity of the 1st hard bias layer 32 will also fall to it under the effect of the crystal orientation of the antiferromagnetism layer 22 when the bias substrate layer 31 is formed on the antiferromagnetism layer 22, according to this invention, the antiferromagnetism layer 22 is not formed in the bottom of the bias substrate layer 31. Therefore, such a situation can also be prevented.

[0075] Next, on this bias substrate layer 31, the 1st hard bias layer 32 and the 2nd hard bias layer 33 are formed. This 2nd hard bias layer 33 is in the condition that the underside gamma of flat part 33a touches the top face of the base B of a multilayer 20, i.e., step side 20b, from a top, and the laminating of it is extended and carried out in the width-of-recording-track (X) direction until it touches both-sides side 2a (the 2nd inclined plane 20c) of Lobe C. In addition, the 1st hard bias layer 32 and the 2nd hard bias layer 33 are formed with a CoPt alloy, a CoPtCr alloy, etc., respectively. The crystal structure of these alloys serves as a mixed phase of face centered cubic structure (fcc) and hexagonal close packed structure (hcp).

[0076] Here, since the lattice constant of the structure (hcp) of the CoPt system alloy which constitutes the bias substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 which were formed by the metal membrane serves as a near value, the crystal structure of the CoPt system alloy of the 1st hard bias layer 32 becomes that it is easy to be formed with structure that it is hard to form structure (fcc) (hcp). At this time, precedence orientation of the c axis of structure (hcp) is carried out into the interface of a CoPt system alloy. Consequently, since structure (hcp) produces a big magnetic anisotropy in c shaft orientations compared with structure (fcc), the coercive force when giving a field to the 1st hard bias layer 32 becomes large.

[0077] And the 2nd hard bias layer 33 is formed in contact with the 1st hard bias layer 32. This 2nd hard bias layer 33 is formed in the condition that the location equivalent to medium  $D/2$  of that thickness is mostly in agreement with mid-position  $d/2$  of the thickness of the free magnetic layer 25 which has Thickness d, if thickness of flat part 33a is set to D as shown in drawing 2.

[0078] In addition, since it contacts the 1st hard bias layer 32 which was formed on the bias substrate layer 31 and controlled by desirable crystal orientation, and directly and membranes are formed, the 2nd hard bias layer 33 can generate the big bias field stabilized by ferromagnetic association. And since membranes are formed by right above [ of the 1st hard bias layer 32 ], or right above [ of the bias substrate layer 31 ], this 2nd hard bias layer 33 becomes good [ crystal orientation ] under the effect of these layers.

[0079] Moreover, the electrode layer 34 is formed on this 2nd hard bias layer 33. Generally spatter membrane formation of Cr, Au, etc. or Ta film is used for this electrode layer 34. Furthermore, on this electrode layer 36, the protective layer 37 formed by Ta etc. is formed.

[0080] On the above magneto-resistive effect components 2 of a configuration, the up gap layer besides a graphic display is formed using an insulating material, and, similarly the up shielding layer besides a graphic display is formed on this up gap layer using a magnetic material.

[0081] Thus, in the constituted spin bulb mold thin film, if the stationary current (sense current) is given to the fixed magnetic layer 23, the nonmagnetic conductive layer 24, and the free magnetic layer 25 from the electrode layer 34 and a field is moreover given in the height (Y) direction from a magnetic-recording medium, the magnetization direction of the free magnetic layer 25 will change from the width of recording track (X) towards the height (Y) direction. At this time, a lifting and electric resistance change dispersion for which it depended on the spin of conduction electron by the interface of the nonmagnetic conductive layer

24 and the fixed magnetic layer 23, and the interface of the nonmagnetic conductive layer 24 and the free magnetic layer 25 between the free magnetic layer 25 and the fixed magnetic layer 23. Thereby, the stationary current can change and a playback output can be obtained.

[0082] in addition -- this -- operation -- a gestalt -- \*\*\*\* -- a thin film -- the magnetic head -- one -- giant magneto-resistance -- having used -- GMR -- a component -- a kind -- it is -- a bottom product -- spin -- a bulb -- a mold -- a magneto-resistive effect -- a component -- two -- using it -- \*\*\*\* -- although -- in addition -- for example, -- a degree -- stating -- dual -- spin -- a bulb -- a mold -- a magneto-resistive effect -- a component -- two -- ' -- you may use it .

[0083] It explains referring to drawing 3 about [the 2nd operation gestalt], next the 2nd operation gestalt of this invention. In addition, in this operation gestalt, the same sign is given to the same part as a previous operation gestalt, and duplication explanation is avoided. Magneto-resistive effect component 2' of this 2nd operation gestalt It consists of dual spin bulb molds. About this multilayer 20' Unlike multilayer 20' which constitutes the above-mentioned topspin bulb mold, a part for a management has the composition that the laminating of the nonmagnetic conductive layers 24 and 27, the fixed magnetic layers 23 and 28, and the antiferromagnetism layers 22 and 29 was carried out up and down, focusing on the free magnetic layer 25 from the seed layer (substrate layer) 21. Moreover, the fixed magnetic layer 23 and the fixed magnetic layer 28 are divided by two-layer through the nonmagnetic interlayer among these each class, respectively.

[0084] That is, this multilayer 20' has carried out the laminating of the seed layer (substrate layer) 21, the antiferromagnetism layer (below) 22, the fixed magnetic layer (below) 23, nonmagnetic conductive layer 24 (below) A, the free magnetic layer 25, nonmagnetic conductive layer 24(above) B, the fixed magnetic layer (above) 28, the antiferromagnetism layer (above) 29, and the protective layer 27 to order from the bottom.

[0085] Among these, it comes to carry out the laminating of the lower fixed magnetic layer 23 to order with 1st fixed magnetic layer 23A, nonmagnetic interlayer 23B, and 2nd fixed magnetic layer 23C from the bottom. The free magnetic layer 25 comes to carry out the laminating of the 1st ferromagnetic layer 25A which consists of Co alloys, such as ferromagnetic layer 25B, the 3rd Co or CoFe set to 2nd ferromagnetic layer 25C which becomes order from Co alloys, such as Co or CoFe, and CoFeNi, from NiFe etc., and CoFeNi, from the bottom.

[0086] On the other hand, the upper fixed magnetic layer 28 comes to carry out the laminating of 2nd fixed magnetic layer 28C, nonmagnetic interlayer 28B, and the 1st fixed magnetic layer 28A to order from the bottom. These are formed with the same ingredient as the lower fixed magnetic layer 23. In addition, upper nonmagnetic conductive layer 24B is the same ingredient as lower nonmagnetic conductive layer 24A, and the upper antiferromagnetism layer 29 is formed with the same ingredient as the lower antiferromagnetism layer 22.

[0087] In addition, it has the structure of having the lobe C on the base B where this multilayer 20' is also prolonged in the width-of-recording-track (X) direction in the lower part of the direction of a laminating (Z) in the outline cross section shown in drawing 1 seen from the ABS side side which is an opposed face with a magnetic-recording medium, and this base B. While most of seed layers (substrate layer) 21, antiferromagnetism layers (below) (below) 22, and fixed magnetic layers 23 are contained, in this base B and to Lobe C (Below) Part and nonmagnetic conductive layer 24(below) A, the free magnetic layer 25, nonmagnetic conductive layer 24(above) B, the fixed magnetic layer (above) 28, the antiferromagnetism layer (above) 29, and protective layer 27 of the fixed magnetic layer 23 are contained.

[0088] furthermore, in the both-sides field which sandwiched this multilayer 20' When it sees like the 1st operation gestalt from the ABS side which is an opposed face which faces a magnetic-recording medium While the direction of a laminating sets caudad and being located in the both sides of the width-of-recording-track (X) direction of the base B of multilayer 20', both-sides side 2a and the both-sides base E especially prepared in contact with 1st inclined plane 20a While carrying out a laminating in the condition of touching step side 20b of Base B from a top, it has both-sides side 2a and the structure of having the both-sides upper part F especially prepared in contact with 2nd inclined plane 20c. Among these, while the bias substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 are contained in the both-sides base E, the 2nd hard bias layer 33 and electrode layer 34 are contained in the both-sides upper part F.

[0089] With this operation gestalt, moreover, in the 2nd hard bias layer 33 A ramp (the field of 33b is equivalent to this at drawing 1 ) is not formed, but it is the configuration of only a flat part (the field of 33a is equivalent to this at drawing 1 ). While the field beta is besides arranged rather than top-face 25a of the free magnetic layer 25 in an upper part location, this underside gamma is caudad arranged rather than underside 25b of the free magnetic layer 25. In addition, the 2nd hard bias layer 33 of this operation gestalt also touches the 1st hard bias layer 32 electrically. Moreover, the 2nd hard bias layer 33 contacts the side face of the free magnetic layer 25, i.e., inclined plane 20 of \*\* 2nd c, directly, is arranged, and can impress

sufficient bias field for the free magnetic layer 25.

[0090] Next, the manufacture approach of the thin film magnetic head shown in drawing 1 is explained, referring to drawing 4 thru/or drawing 10. In addition, each drawing is a fragmentary sectional view seen from the opposed face (ABS side) side with a record medium.

[0091] (1) First, as shown in drawing 4, carry out the laminating of the protective layer (undershirt coat) with the alumina besides a graphic display (aluminum 2O3) etc. on the substrate 12 which consists of ceramic ingredients, such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina titanium carbide, AlTiC).

[0092] (2) Next, while forming the lower shielding layer 13 on this protective layer (undershirt coat), form the lower gap layer 14 by the high ceramic of electric insulation, for example, an alumina etc., (aluminum 2O3) on this lower shielding layer 13.

[0093] (3) Next, as shown in drawing 5, form the multilayer 20 which constitutes the magneto-resistive effect component 2 of the bottom product spin bulb mold which is a kind using giant magneto-resistance of a GMR (giant magnetoresistive) component the whole surface on the lower gap layer 14.

[0094] In the case of the spin filter type bottom product spin bulb mold magneto-resistive effect component 2, specifically, this multilayer 20 forms the antiferromagnetism layer 22 first formed in the top face alpha of the lower gap layer 14 with the seed layer layer 21, the PtMn alloy, etc. about each class which constitutes this multilayer 20. Furthermore, the protective layer 27 formed by the free magnetic layer 25, the BAKKUDO layer 26, Ta, etc. which were formed with the nonmagnetic conductive layer 24 formed by the fixed magnetic layer 23 formed with magnetic materials, such as a NiFe alloy, on this antiferromagnetism layer 22, Cu, etc., the NiFe alloy, etc. is formed.

[0095] In addition, a proper location is made to carry out the laminating of the specular reflection layer in a spin specular type case. Moreover, when this multilayer 20 is multilayer 20' of a dual bulb mold, after making order carry out the laminating of each class from the antiferromagnetism layer 22 to the free magnetic layer 25 from the bottom on the seed layer layer 21, order is made to carry out the laminating of nonmagnetic conductive layer 24B, the fixed magnetic layer 28, and the antiferromagnetism layer 29 from the bottom further on the free magnetic layer 25. Moreover, instead of the fixed magnetic layer of a three-layer ferry PINDO mold, the fixed magnetic layer of a monolayer is sufficient and the free magnetic layer of a monolayer is sufficient instead of the free magnetic layer of a three-layer ferry free mold.

[0096] (4) Thus, in order to form the substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 in the both-sides field which are the both sides of a width-of-recording-track Tw field if a multilayer 20 is formed all over the lower gap layer 14 next, As shown in drawing 6, it masks by applying the 1st resist film R1 for the lift offs of a broad configuration to the area of the multilayer 20 corresponding to the 1st truck field (Tw1) among the formed multilayers 20.

[0097] (5) And etching (ion-beam etching), for example, IBE etc., removes, for example, the area, i.e., the both-sides field, other than the truck field (Tw1). thus, the thickness of the lower gap layer 14 under the seed layer layer 21 which is the lowest layer of a multilayer 20 as a both-sides field is shown in drawing 6 -- it removes to an interstitial segment mostly. That is, etching processing of the ion milling method etc. removes in the both-sides field of a multilayer 20 till the place below the top face (the forming face alpha of a magneto-resistive effect component) of the lower gap layer 14. Thereby, the left-behind multilayer 20 serves as an inclined plane where both-sides side 2a continued to the top face, and a multilayer 20 serves as trapezoidal shape mostly.

[0098] (6) Thus, if the multilayer 20 of a both-sides field is removed next, at the process shown in drawing 7, spatter membrane formation of the bias substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 will be carried out [ the removed hollow which is the both-sides field of a multilayer 20 ] from the bottom at predetermined thickness at order. In addition, the 1st resist film R1 for the above-mentioned lift offs is formed in the truck field across which it faced in the both-sides field on a multilayer 20, and since the fixed include angle theta is made to lean and form sputtered particles, the ramp which inclined toward a flat part and (turning to the topmost part of both-sides side 2a of a multilayer 20) the upper part is formed about each class, respectively.

[0099] Especially, in the case of the spatter of the bias substrate layer 31, a membrane formation include angle is made to fully incline, for example, spatter membrane formation is carried out at the membrane formation include angle of 50 degrees or more. Thereby, big holding power (Hc) is acquired by the 1st hard bias layer 32 which forms membranes right above [ of it ] so that it may mention later.

[0100] The bias substrate layer 31 can choose any one or more sorts in Cr, W, Mo, V, Mn, Nb, and Ta. Among these, it is desirable to form the bias substrate layer 31 by Cr film. The 2nd hard bias layer 32 forms membranes with a CoPtCr alloy etc. In addition, to the perpendicular direction (graphic display Z direction) of a forming face alpha, the bias substrate layer 31 and the 1st hard bias layer 32 have theta (membrane

formation include angle theta) whenever [ sputtered-particles incident angle ], and spatter membrane formation is carried out. As for this membrane formation include angle theta, it is specifically desirable that it is 70 degrees or less at 30 degrees or more. It is 60 degrees or less at 40 degrees or more more preferably. [0101] (7) Further, as shown in drawing 8, alignment is carried out to the center section of the top face of a multilayer 20, and while forming the resist film R2 for the 2nd lift off with width of face narrower than the resist film R1 for the 1st lift off, ion milling etc. performs pretreatment milling of the hard bias layer 32 (this is equivalent to the 1st hard bias layer 32). In addition, the width-of-recording-track (X) lay length L2 of the 2nd resist film R2 is formed smaller about 0.2-0.4 micrometers than this lay length L1 of the 1st resist film R1.

[0102] In this case, about the depth (Z) direction, as a broken line shows, for example, exaggerated etching is shallowly performed by Fukashi who is extent in which a part of fixed magnetic layer 23 remains, and a both-sides field is removed till the place of 100A of the abbreviation for the thickness of the flat part of the hard bias layer 32. Moreover, about the width-of-recording-track (X) direction, as a broken line shows, for example, even the place of 0.2 micrometers of the abbreviation for the die length of 20d of top faces of a multilayer 20 (the 1st width of recording track Tw1) is removed. Thereby, the multilayer 20 as shown in drawing 9 is formed in rough convex shaped [ which has an one step step ]. That is, this forms in a multilayer 20 the base B which consists of a part of seed layer layer 21, antiferromagnetism layer 22, and free magnetic layer 23, and the lobe C which projected crosswise [ truck ] (the direction of X).

[0103] (8) Next, in drawing 10, carry out spatter membrane formation by IBD (ion beam DEPOSITION) etc. so that the 2nd hard bias layer 33 may contact the free magnetic layer 25 directly by side-face 2a of a multilayer 20, especially 2nd inclined plane 20c. The membrane formation include angle at this time is 20 degrees. As shown in drawing 2, the location of D/2 which is the one half of the thickness D of flat part 33a forms the 2nd hard bias layer 33 at this time in the condition that abbreviation coincidence is carried out with the location of d/2 which is the one half of the thickness d of the free magnetic layer 25.

[0104] Since the depth which removes a both-sides field (the bias substrate layer 31 and 1st hard bias layer 32) by pretreatment milling is made shallow when forming this 2nd hard bias layer 33, it is avoidable that flat part 33a of the 2nd hard bias layer 33 can make the free magnetic layer 25 contact by sufficient thickness now, and ramp 31b of the bias substrate layer 31 contacts the free magnetic layer 25.

[0105] (9) As shown in drawing 10 from the 2nd hard bias layer 33 after that, carry out the laminating of the part for a management.

[0106] (10) Next, carry out the laminating of the up gap layer besides a graphic display by the high ceramic of electric insulation, for example, an alumina etc., (aluminum 2O3) on a multilayer 20 and the electrode layer 34. Furthermore, if the up shielding layer besides a graphic display etc. is formed the same on this, the thin film magnetic head 1 shown in drawing 1 will be completed.

[0107]

[Example] Next, when a spin bulb mold thin film was formed according to the manufacturing method mentioned above, the angle of incidence theta of the sputtered particles when carrying out spatter membrane formation by the ion beam spatter method (membrane formation include angle) was changed at the membrane formation process shown in drawing 7, and the experiment which investigates the crystal face which carries out orientation to the film front face by X-ray analysis (XRD) about Cr film which is the bias substrate layer 31 then obtained was conducted. The result at that time is shown in drawing 11 and drawing 12.

[0108] Drawing 12 is a result when carrying out incidence of the sputtered particles from the include angle of 50 degrees to the direction of a normal of the front face of Si substrate, and forming Cr film the result when drawing 11 carrying out incidence of the sputtered particles from the include angle of 20 degrees to the direction of a normal of the front face of the substrate (Si substrate) which used Si, and forming Cr film.

[0109] When incidence of the sputtered particles is carried out at the membrane formation include angle of 20 degrees and Cr film is made to form as shown in drawing 11, it turns out that a field (110) is only seen and that the crystal face which carries out orientation to the film front face of obtained Cr film is. On the other hand, when a membrane formation include angle is made into 50 degrees, as shown in drawing 12, it turns out that a field and a field (211) are also found out (200) in the crystal face which carries out orientation to the film front face of obtained Cr film. In addition, Cr film which constitutes a bias substrate layer in this case is a monolayer, and the crystal structure is body-centered cubic lattice (bcc) structure.

[0110] Next, the X diffraction investigated the crystal face which uses the ion beam spatter method on Si substrate, carries out spatter membrane formation of Cr film which constitutes the bias substrate layer 31, and the two-layer film of the CoPt film which constitutes the 1st hard bias layer 32, and carries out orientation to the film front face of the CoPt film. The result at this time is shown in drawing 13. In



addition, when forming Cr film, the membrane formation include angle of sputtered particles was changed in 20 to 70 degrees.

[0111] If the membrane formation include angle of Cr film which is the bias substrate layer 31 is gradually enlarged with 20 degrees (a shows), 50 degrees (b shows), 60 degrees (c shows), and 70 degrees (d shows) so that the graph of this drawing 13 may show The peak intensity of [002] of the 1st hard bias layer 32 formed on it becomes small, and it turns out at reverse that the peak intensity of [100] becomes large. That is, the surface crystal orientation of the CoPt film which is the 1st hard bias film 32 changes from [002] sides to [100] sides. That is, as for the surface crystal orientation of the CoPt film, c axis changes from film surface vertical orientation to the orientation within a film surface side. Moreover, the coercive force ( $H_c$ ) of the CoPt film increases gradually to 1700 (Oe), 2140 (Oe), 2385 (Oe), and 2460 (Oe) in this case.

[0112] Therefore, according to the spin bulb mold thin film manufactured by approach which was mentioned above, the coercive force ( $H_c$ ) of the CoPt film which is the 1st hard bias film 32 can be increased now by, making into about (d in drawing 13 showing) 70 degrees the membrane formation include angle of Cr film which is the bias substrate layer 31 for example, and forming membranes. Therefore, even if it makes the membrane formation include angle theta small and forms the 2nd hard bias film 33 so that this may be contacted, on this 2nd hard bias film 33, the big coercive force ( $H_c$ ) from the 1st hard bias film 32 can be increased.

[0113]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the flat part of the 2nd hard bias layer is in contact with the direct free magnetic layer, and if it puts in another way, since the hard bias layer of sufficient bulk can be made to contact a free magnetic layer now and that part and a big bias field can be impressed to a free magnetic layer, good reproducing characteristics can be acquired.

[0114] Moreover, since according to this invention it can prevent contacting directly between an antiferromagnetism layer and the 2nd hard bias layer even if it does not make a bias substrate layer intervene, generating of an unnecessary switched connection field can be prevented among these, and the orthogonality of the magnetization direction of an antiferromagnetism layer and the magnetization direction of a hard bias layer can be secured.

[0115] Furthermore, according to this invention, big coercive force comes to be acquired by the 1st hard bias layer which formed membranes in this upper layer by enlarging the membrane formation include angle of a bias substrate layer, and forming membranes. Therefore, since coercive force also with the 2nd big hard bias layer which touches this can be demonstrated now, it becomes possible to be able to impress a big bias field now to a free magnetic layer, and to obtain the stable playback output. And since this 2nd hard bias layer can demonstrate big coercive force even if it makes a membrane formation include angle small and forms membranes, it can make the both-sides side of a free magnetic layer able to join the flat part of the hard bias layer which a tapering ramp is not formed in a hard bias layer like before, and has sufficient thickness, as a result can impress a big bias field to a free magnetic layer.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is the sectional view showing the condition when seeing the spin bulb mold thin film concerning the 1st operation gestalt of this invention from an ABS side.

[Drawing 2] It is the important section sectional view of the spin bulb mold thin film shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is the sectional view showing the condition when seeing the dual spin bulb mold thin film concerning the 2nd operation gestalt of this invention from an ABS side.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the manufacture approach of the spin bulb mold thin film shown in drawing 1 in order of a process.

[Drawing 5] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 7] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 8] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 9] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 10] It is the sectional view showing the manufacture approach of this spin bulb mold thin film in order of a process.

[Drawing 11] It is the graph which shows the X-ray-analysis result at the time of forming Cr film at the membrane formation include angle of 20 degrees.

[Drawing 12] It is the graph which shows the X-ray-analysis result at the time of forming Cr film at the membrane formation include angle of 50 degrees.

[Drawing 13] It is the graph which shows the X-ray-analysis result of a Cr/CoPt cascade screen.

[Drawing 14] It is drawing which looked at this spin bulb mold thin film formed by the conventional manufacture approach from the ABS side.

**[Description of Notations]**

12 Substrate

13 Lower Shielding Layer

14 Lower Gap Layer

2 Magneto-resistive Effect Component

2a Both-sides side

20 20' Multilayer

20a The 1st inclined plane (both-sides side)

20b Step side

20c The 2nd inclined plane (both-sides side)

20d Top face

21 Seed Layer Layer

22 Antiferromagnetism Layer

23 Fixed Magnetic Layer

24 Nonmagnetic Conductive Layer

24A Nonmagnetic conductive layer

24B Nonmagnetic conductive layer

25 Free Magnetic Layer



26 BAKKUDO Layer  
28 Fixed Magnetic Layer  
29 Antiferromagnetism Layer  
31 Bias Substrate Layer  
31a Flat part  
31b Ramp  
32 1st Hard Bias Layer  
33 2nd Hard Bias Layer  
33a Flat part  
33b Ramp  
34 Electrode Layer  
alpha Forming face  
beta Top face of the 2nd hard bias layer  
gamma Underside of the 2nd hard bias layer  
B Base  
C Lobe  
E Both-sides base  
F Both-sides upper part  
R1 1st resist (double width) film for lift offs  
R2 2nd resist (narrow-width) film for lift offs  
Tw1 The 1st width of recording track  
Tw2 The 2nd width of recording track  
X Truck cross direction  
Y The height direction  
Z The direction of a laminating

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

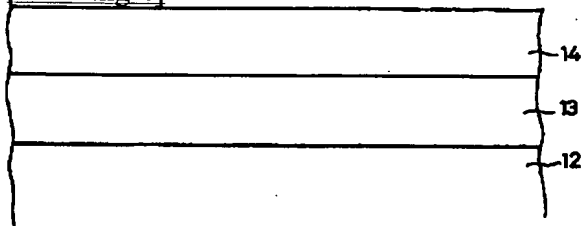
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

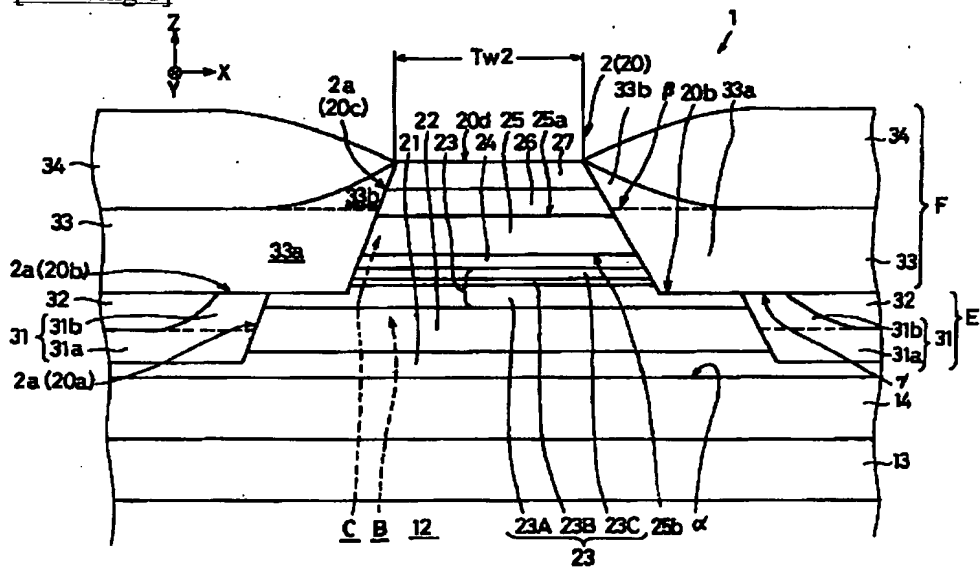
DRAWINGS

---

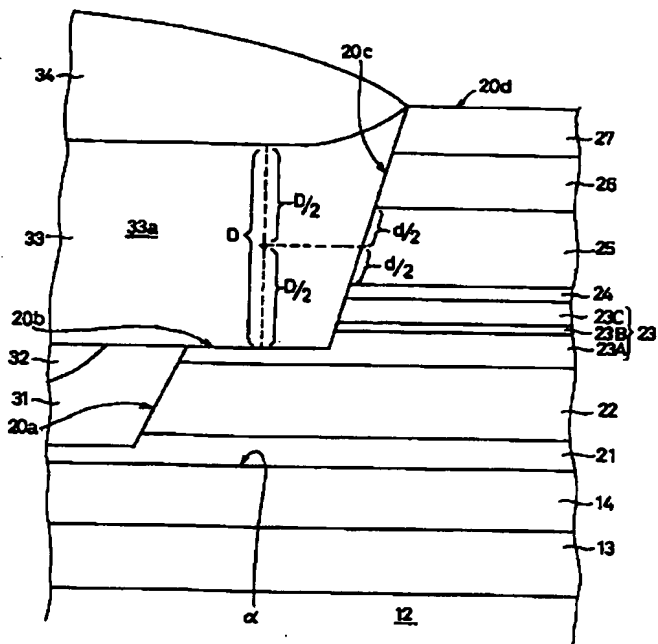
[Drawing 4]



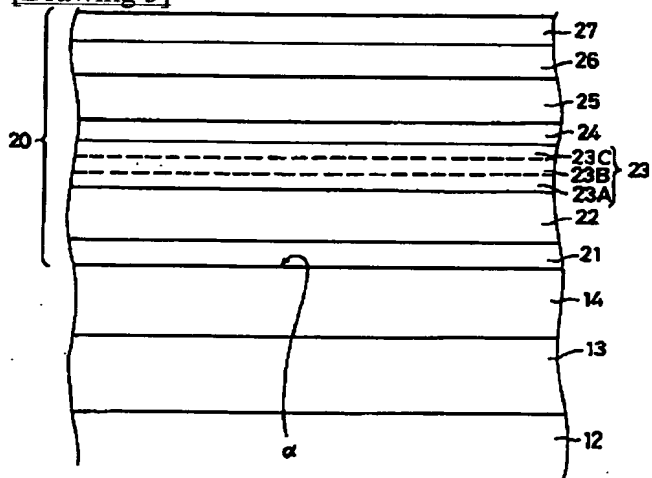
[Drawing 1]



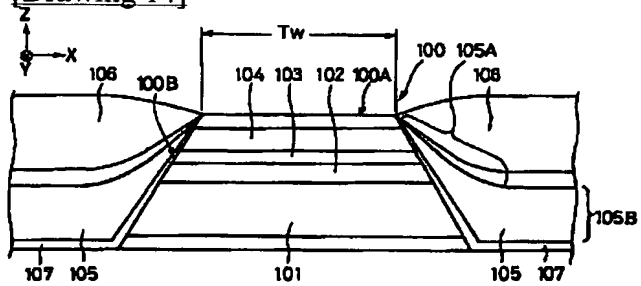
[Drawing 2]



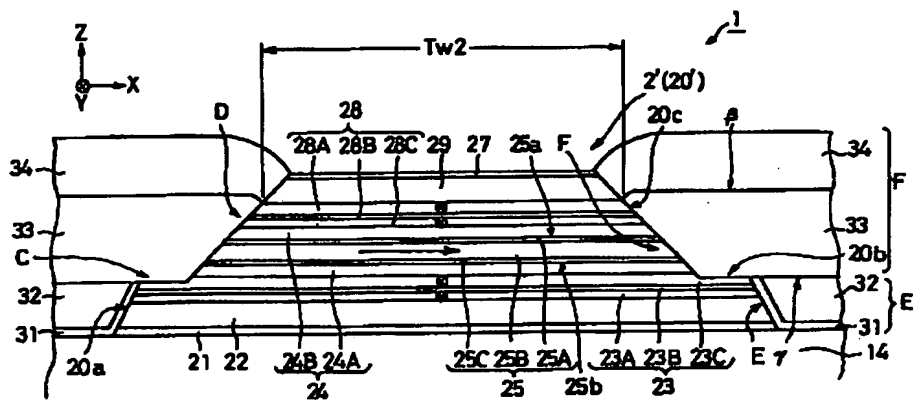
[Drawing 5]



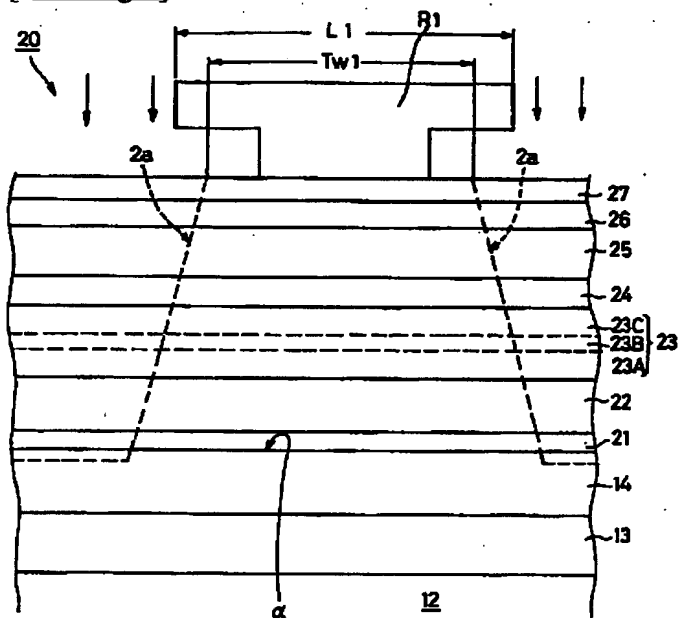
[Drawing 14]



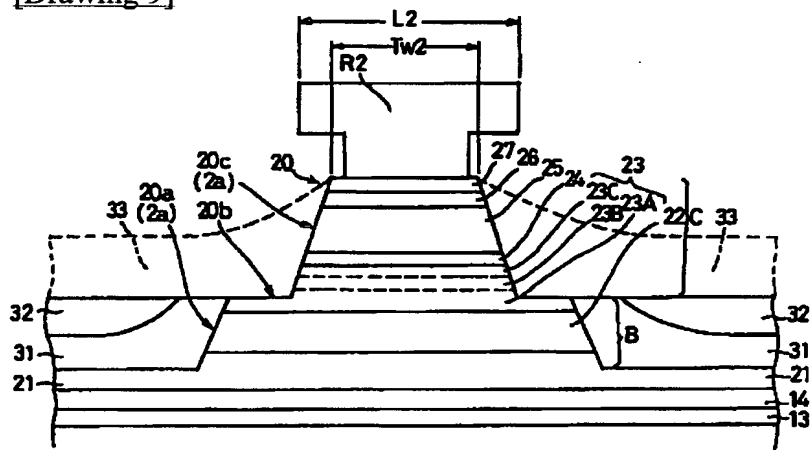
[Drawing 3]



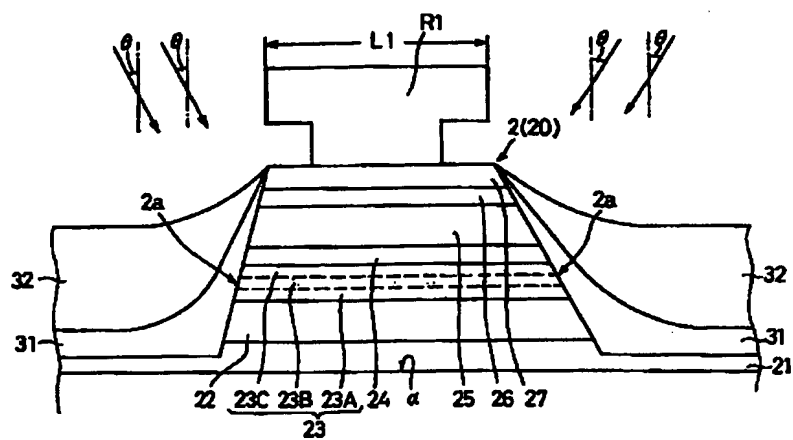
[Drawing 6]



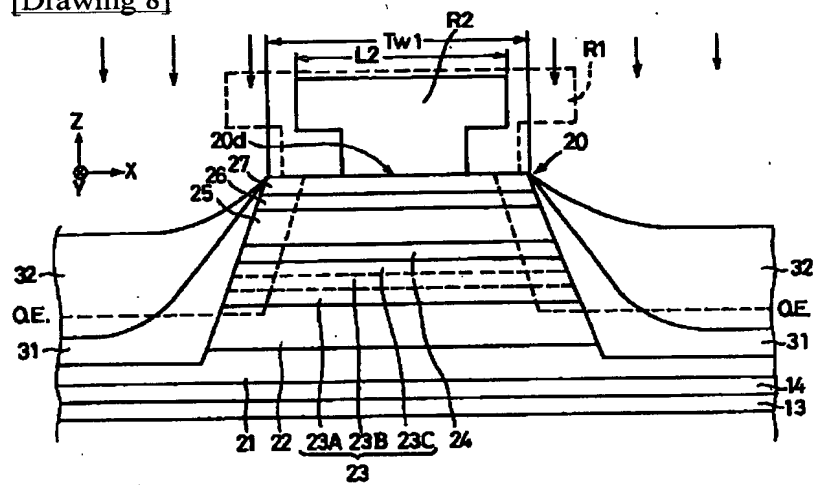
[Drawing 9]



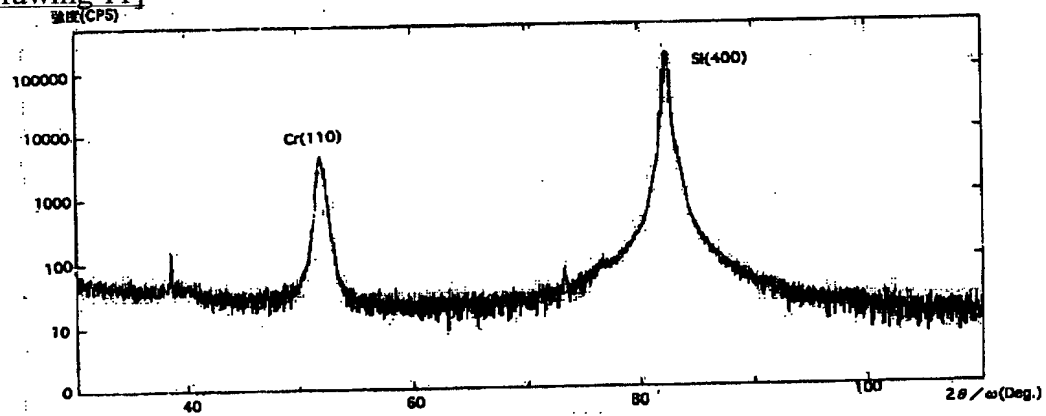
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 11]



[Drawing 10]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-305336  
(P2002-305336A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マート <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/16	5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/16		10/32	
10/32		H 0 1 L 43/12	

審査請求 有 請求項の数25 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-109874(P2001-109874)	(71) 出願人	000010098 アルプス電気株式会社 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(22) 出願日	平成13年4月9日(2001. 4. 9)	(72) 発明者	大嶋 正弘 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		(74) 代理人	100083286 弁理士 三浦 邦夫

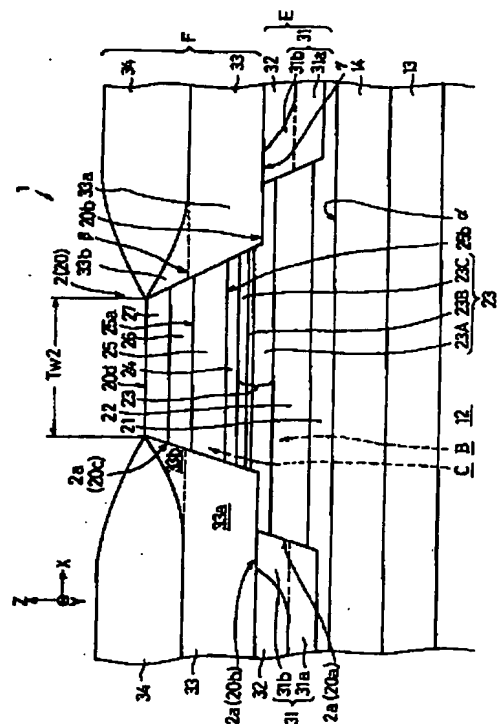
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 再生特性の安定化の確保が難しく、狭トラック化に不都合であった。

【解決手段】 多層膜20は、トラック領域内において、両側領域に当接する斜面の下部側がトラック幅方向に向けて突出した基部B (ステップ面20b) と、この基部Bの上の突出部Cを有する全体略凸形状を呈している。この基部B内には、少なくとも反強磁性層22の全てと固定磁性層23の一部とが設けられている。一方、突出部Cに対向する両側領域では、第2のハードバイアス層33の平坦部33aが、フリー磁性層25に直接接触している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】   トラック領域に、少なくとも反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー層を含んで順に積層した、磁気抵抗効果を発揮する多層膜と、前記トラック領域を挟んでその両側に位置する両側領域に下から順に一对積層した、少なくとも第 1 のハードバイアス層、第 2 のハードバイアス層及び電極層とを備えるスピ

ンバルブ型薄膜素子であって、  
前記多層膜が、記録媒体との対向面から見たときに、積層方向の下部に位置する基部と、前記フリー磁性層を含

み前記基部上に積層された突出部とを有する全体略凸形状を呈し、  
前記基部の両側領域には前記第 1 のハードバイアス層が形成・配置されるとともに、前記突出部の両側領域にはフリー磁性層の両側面に直接接触して前記第 2 のハード

バイアス層が形成・配置され、  
前記第 2 のハードバイアス層の平坦部の上面の方が前記フリー磁性層の上面よりも上方に配置されるとともに、前記平坦部の下面の方がフリー磁性層の下面よりも下方に配置され、

前記突出部の両側領域に形成された第 2 のハードバイアス層が、前記基部の両側領域に形成された第 1 のハードバイアス層に接触するように積層されたことを特徴とするスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 2】   前記基部には、少なくとも反強磁性層の全て、および固定磁性層の少なくとも一部が含まれたことを特徴とする請求項 1 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 3】   前記第 1 のハードバイアス層の下にバイアス下地層を設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 4】   前記バイアス下地層が、Cr からなり、少なくとも[2 1 1]または[2 0 0]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含んだことを特徴とする請求項 3 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 5】   前記第 1 および第 2 のハードバイアス層のうち少なくとも一方が、CoPt 合金またはCoCrPt 合金であることを特徴とする請求項 1 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 6】   前記CoPt 合金またはCoCrPt 合金が、少なくとも[0 0 2]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含んだ構成であることを特徴とする請求項 5 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 7】   前記CoPt 合金またはCoCrPt 合金が、[0 0 2]面が膜面垂直方向に優先配向した構成であることを特徴とする請求項 5 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 8】   前記CoPt 合金またはCoCrPt 合金が、少なくとも[1 0 0]および[0 0 2]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含み、[0 0 2]面が優先配向して

いることを特徴とする請求項 5 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 9】   前記多層膜中のフリー磁性層の上に、非磁性導電材料からなるバック層が成膜されたことを特徴とする請求項 1 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 10】   前記多層膜中に、鏡面反射層が成膜されたことを特徴とする請求項 1 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 11】   前記フリー磁性層が、下から順に、第 1 のフリー磁性層、非磁性中間層、第 2 のフリー磁性層を積層した構成であることを特徴とする請求項 1 または 9 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 12】   前記固定磁性層が、下から順に、第 1 の固定磁性層、非磁性中間層、第 2 の固定磁性層を積層した構成であることを特徴とする請求項 1 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子。  
【請求項 13】   トラック領域に、少なくとも反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー層を含んで順に積層した、磁気抵抗効果を発揮する多層膜と、前記トラック領域を挟んでその両側に位置する両側領域に下から順に一对積層した、少なくとも第 1 のハードバイアス層、第 2 のハードバイアス層及び電極層とを備えるスピ

ンバルブ型薄膜素子の製造方法であって、  
前記トラック領域の多層膜を残してその両側領域の下部ギャップ層の一部まで除去し、

前記トラック領域の多層膜を挟んで除去した前記両側領域に、第 1 のハードバイアス層を積層した後、

前記多層膜のフリー磁性層が積層された深さよりも深く、前記多層膜の両側領域に接する側面を含む側面部と両側領域とを除去して前処理を行い、

その後、その除去した多層膜の側面部および両側領域に、第 1 のハードバイアス層に接触して第 2 のハードバイアス層を積層させることを特徴とするスピ

ンバルブ型薄膜素子の製造方法。  
【請求項 14】   前記基部には、少なくとも反強磁性層の全て及び固定磁性層の少なくとも一部が含まれていることを特徴とする請求項 13 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子の製造方法。  
【請求項 15】   前記第 2 のハードバイアス層は、フリー磁性層の側面に接する傾斜部から離間した平坦部の上面の方が、フリー磁性層の上面よりも上方位置に配置されるとともに、平坦部の下面の方がフリー磁性層の下面よりも下方に配置され、

この第 2 のハードバイアス層の直下には、前記突出部の側面に当接して、前記第 2 のハードバイアス層の成膜工程より前の工程で成膜された第 1 のハードバイアス層が成膜されることを特徴とする請求項 13 に記載のスピ

ンバルブ型薄膜素子の製造方法。  
【請求項 16】   前記第 1 のハードバイアス層の下にバイアス下地層を設けることを特徴とする請求項 13 に記



載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 17】 前記バイアス下地層は、Cr からなり、少なくとも [211] または [200] 面が膜面垂直方向に配向していることを特徴とする請求項 16 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 18】 前記第 1 および第 2 のハードバイアス層のうちの少なくとも一方は、CoPt 合金または CoCrPt 合金のいずれかよりなることを特徴とする請求項 13 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 19】 前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金は、少なくとも [002] 面が膜面垂直方向に配向する結晶を含んでいることを特徴とする請求項 18 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 20】 前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金は、[002] 面が膜面垂直方向に優先配向していることを特徴とする請求項 18 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 21】 前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金は、少なくとも [100] および [002] 面が膜面垂直方向に配向する結晶を含み、[002] 面が優先配向していることを特徴とする請求項 18 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 22】 前記多層膜中にバック層が成膜されることを特徴とする請求項 13 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 23】 前記多層膜中に鏡面反射層が成膜されることを特徴とする請求項 13 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 24】 前記フリー磁性層が、下から順に、第 1 のフリー磁性層、非磁性中間層、第 2 のフリー磁性層を積層した構成であることを特徴とする請求項 13 または 15 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【請求項 25】 前記固定磁性層が、下から順に、第 1 の固定磁性層、非磁性中間層、第 2 の固定磁性層を積層する構成であることを特徴とする請求項 13 に記載のスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】 本発明は、固定磁性層の磁化の方向と外部磁界の影響で変化するフリー磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するスピナルバルブ型薄膜素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来技術及びその問題点】 ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出して電気抵抗が変化するスピナルバルブ型薄膜素子(スピナルバルブ型薄膜磁気ヘッド)について、従来の構造を図 14 に示す。

【0003】 このスピナルバルブ型薄膜素子には、同図に示すように、トラック幅 Tw に対応した所定の領域(以下、トラック領域)に、反強磁性層 101、固定磁性層

102、非磁性導電層 103 およびフリー磁性層 104 を積層した略台形状を呈し磁気抵抗効果を発揮する多層膜 100 を設けるとともに、この両側(以下、両側領域とよぶ)に、ハードバイアス層 105、電極層 106 などを一対設けた構成のものが知られている。

【0004】 このように構成されたスピナルバルブ型薄膜素子では、フリー磁性層 104 の磁化方向が、トラック幅(X)方向に磁化されているハードバイアス層 105

(バイアス磁界)の磁界により、同じX方向へ揃えられる。また、このスピナルバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層 105 の上に形成された電極層 106 から固定磁性層 102、非磁性導電層 103 およびフリー磁性層 104 に定常電流(センス電流)が与えられる。

【0005】 一方、図示外の記録媒体の走行方向は積層(Z)方向であり、この記録媒体からの信号磁界がハイト(Y)方向に与えられると、フリー磁性層 104 内での磁化の方向がX方向からY方向へ向けて変化する。従って、このフリー磁性層 104 内での磁化の方向の変動と、固定磁性層 102 の固定磁化方向との関係で電気抵抗値が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの信号磁界が検出される。

【0006】 ところで、このようなスピナルバルブ型薄膜素子では、例えばCrなどのバイアス下地層 107 を介在させることにより、ハードバイアス層 105 の結晶性を高めてバイアス磁界を増大させることが可能になっており、フリー磁性層 104 の単磁区化が行い易くなる。

【0007】 ところが、このような構成のスピナルバルブ型薄膜素子では、例えばバイアス下地層 107 を設けた構成のものでは、このバイアス下地層 107 の多層膜 100 上面 100A に向けて傾斜した領域(以下、これを傾斜部とよぶ)がこれら双方の間に介在されている。従って、このバイアス下地層 107 の膜厚が厚いと、バイアス下地層 107 の傾斜部の影響で、ハードバイアス層 105 からフリー磁性層 104 に作用するバイアス磁界が弱められてしまう。このため、安定性が確保できず、良好な再生特性が得られない。

【0008】 一方、このバイアス下地層 107 の膜厚が薄いと、反強磁性層 101 とハードバイアス層 105 との間で不要な交換結合磁界を生じ、双方の磁化が互いに影響を受けて反強磁性層 101 の磁化方向とハードバイアス層 105 の磁化方向との直交性が損なわれる虞れがある。

【0009】 また、このような構成のスピナルバルブ型薄膜素子では、図 14 において、多層膜 100 の傾斜した側面 100B にハードバイアス層 105 の傾斜した領域 105A(以下、傾斜部とよぶ)が隣接して乗り上げ、特にフリー磁性層 104 の両側には先細りした傾斜部 105A のみしか隣接していないために、フリー磁性層 104 に十分なバイアス磁界を印加できない虞れがある。即ち、ハードバイアス層 105 の平坦な領域 105B(以

下、平坦部とよぶ)がフリー磁性層 104 に隣接して配置されていないため、フリー磁性層 104 に十分なバイアス磁界が印加できず、バルクハウゼンノイズを生じてしまう。

【0010】そこで、本発明は、上記した事情に鑑み、再生特性の安定化の確保と狭トラック化に好適なスピンプルブ型薄膜素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のスピンプルブ型 10  
薄膜素子は、トラック領域に、少なくとも反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー層を含んで順に積層した、磁気抵抗効果を発揮する多層膜と、前記トラック領域を挟んでその両側に位置する両側領域に下から順に一对積層した、少なくとも第 1 のハードバイアス層、第 2 のハードバイアス層及び電極層とを備えるスピンプルブ型薄膜素子であって、前記多層膜が、記録媒体との対向面から見たときに、積層方向の下部に位置する基部と、前記フリー磁性層を含み前記基部上に積層された突出部とを有する全体略凸形状を呈し、前記基部の両側領域 20  
には前記第 1 のハードバイアス層が形成・配置されるとともに、前記突出部の両側領域にはフリー磁性層の両側面に直接接触して前記第 2 のハードバイアス層が形成・配置され、前記第 2 のハードバイアス層の平坦部の上面の方が前記フリー磁性層の上面よりも上方に配置されるとともに、前記平坦部の下面の方がフリー磁性層の下面よりも下方に配置され、前記突出部の両側領域に形成された第 2 のハードバイアス層が、前記基部の両側領域に形成された第 1 のハードバイアス層に接触するように積層されたことを特徴としている。

【0012】前記基部には、少なくとも反強磁性層の全て、および固定磁性層の少なくとも一部が含まれているのが好ましい。

【0013】前記第 1 のハードバイアス層の下にバイアス下地層を設けることが好ましい。

【0014】前記バイアス下地層が、Cr からなり、少なくとも[211]または[200]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含んでいるのが好ましい。

【0015】前記第 1 および第 2 のハードバイアス層のうち少なくとも一方が、CoPt 合金または CoCrPt 合金であるのが好ましい。 40

【0016】前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金が、少なくとも[002]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含んだ構成であるのが好ましい。

【0017】前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金が、[002]面が膜面垂直方向に優先配向した構成であるのが好ましい。

【0018】前記 CoPt 合金または CoCrPt 合金が、少なくとも[100]および[002]面が膜面垂直方向に配向した結晶を含み、[002]面が優先配向してい 50

るのが好ましい。

【0019】前記多層膜中のフリー磁性層の上に、非磁性導電材料からなるバック層が成膜されているのが好ましい。

【0020】前記多層膜中に、鏡面反射層が成膜されていてもよい。

【0021】前記フリー磁性層が、下から順に、第 1 のフリー磁性層、非磁性中間層、第 2 のフリー磁性層を積層した構成でもよい。

【0022】前記固定磁性層が、下から順に、第 1 の固定磁性層、非磁性中間層、第 2 の固定磁性層を積層した構成でもよい。

【0023】また、この発明のスピンプルブ型薄膜素子の製造方法は、トラック領域に、少なくとも反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー層を含んで順に積層した、磁気抵抗効果を発揮する多層膜と、前記トラック領域を挟んでその両側に位置する両側領域に下から順に一对積層した、少なくとも第 1 のハードバイアス層、第 2 のハードバイアス層及び電極層とを備えるスピンプルブ型薄膜素子の製造方法であって、前記トラック領域の多層膜を残してその両側領域の下部ギャップ層の一部まで除去し、前記トラック領域の多層膜を挟んで除去した前記両側領域に、第 1 のハードバイアス層を積層した後、前記多層膜のフリー磁性層が積層された深さよりも深く、前記多層膜の両側領域に接する側面を含む側面部と両側領域とを除去して前処理を行い、その後、その削り取った多層膜の側面部および両側領域に、第 1 のハードバイアス層に接触して第 2 のハードバイアス層を積層させることを特徴としている。

【0024】また、この製造方法では、前記基部には、少なくとも反強磁性層の全て及び固定磁性層の少なくとも一部が含まれているのが好ましい。

【0025】また、この製造方法では、前記第 2 のハードバイアス層は、フリー磁性層の側面に接する傾斜部から離間した平坦部の上面の方が、フリー磁性層の上面よりも上方位置に配置されるとともに、平坦部の下面の方がフリー磁性層の下面よりも下方に配置され、この第 2 のハードバイアス層の直下には、前記突出部の側面に当接して、前記第 2 のハードバイアス層の成膜工程より前の工程で成膜された第 1 のハードバイアス層が成膜される。

【0026】また、この製造方法では、前記第 1 のハードバイアス層の下にバイアス下地層を設けることが好ましい。

【0027】また、この製造方法では、前記バイアス下地層は、Cr からなり、少なくとも[211]または[200]面が膜面垂直方向に配向していることが好ましい。

【0028】また、この製造方法では、前記第 1 および第 2 のハードバイアス層のうちの少なくとも一方は、CoPt 合金または CoCrPt 合金のいずれかよりなる

のが好ましい。

【0029】また、この製造方法では、前記C o P t合金またはC o C r P t合金は、少なくとも【002】面が膜面垂直方向に配向する結晶を含んでいるのが好ましい。

【0030】また、この製造方法では、前記C o P t合金またはC o C r P t合金は、【002】面が膜面垂直方向に優先配向しているのが好ましい。

【0031】また、この製造方法では、前記C o P t合金またはC o C r P t合金は、少なくとも【100】および【002】面が膜面垂直方向に配向する結晶を含み、【002】面が優先配向しているのが好ましい。

【0032】前記多層膜中にバックド層が成膜されていてもよい。

【0033】前記多層膜中に鏡面反射層が成膜されていてもよい。

【0034】前記フリー磁性層が、下から順に、第1のフリー磁性層、非磁性中間層、第2のフリー磁性層を積層した構成でもよい。

【0035】前記固定磁性層が、下から順に、第1の固定磁性層、非磁性中間層、第2の固定磁性層を積層する構成でもよい。

【0036】

【発明の実施形態】以下、この発明の実施の形態について、添付図面を参照しながら説明する

[第1の実施形態]図1はこの発明の第1の実施形態に係る薄膜磁気ヘッド1の製造途中の状態を図示外のハードディスクなどの磁気記録媒体との対向面であるABS面から見た断面図である。この薄膜磁気ヘッド1には、巨大磁気抵抗効果を利用したGMR (giant magnetoresistive) 素子の一種であるボトムスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子2を使用している。

【0037】この薄膜磁気ヘッド1は、図示外のハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられており、磁気記録媒体に超高密度で記録されている記録磁気情報を検出する。ここで、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は積層(Z)方向であり、この磁気記録媒体からの信号磁界の方向はハイト(Y)方向である。なお、この薄膜磁気ヘッド1は、再生用の磁気ヘッドとして使用するが、この薄膜磁気ヘッド1の上(Z方向)には記録用のインダクティブヘッドが積層されていてもよい。

【0038】図1において、最下層に位置する基板12はアルミナチタンカーバイド(AlTiC)などのセラミックス材料で形成されている。この基板12の上には、図示外の保護層(アンダコート)が形成されている。この保護層は、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)などで形成されている。

【0039】保護層の上には、下部シールド層13が形成されている。この下部シールド層13は、磁気抵抗効

果素子2の下部側において、磁気シールドを行うためのものであり、磁性材料で形成されている。

【0040】さらに、この下部シールド層13の上には、下部ギャップ層14が形成されている。この下部ギャップ層14は、後述する電極層34と下部シールド層13との間の電氣的絶縁性を確保するためのものであり、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が材料として使用されている。

【0041】そして、この下部ギャップ層14の上面α(磁気抵抗効果素子2の形成面)には、磁気抵抗効果素子2が形成されている。

【0042】この磁気抵抗効果素子2には、ボトムスピンバルブ型の薄膜素子とよばれる構成の磁気抵抗効果を発揮する多層膜20を有する。

【0043】この多層膜20には、下から順に、シードレイヤ層21、反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性導電層24、フリー磁性層25、バックド層26、保護層27を積層させている。この多層膜20では、この上面20dの幅寸法が光学的に測定可能なトラック幅(Tw2)を構成している。

【0044】この多層膜20は、後に詳述するが、まず各層を磁気抵抗効果素子2の形成面α上に成膜した後、この多層膜20の中央部の上面20dに第1のリフトオフ用のレジスト膜R1(図6及び図7参照)を形成し、この第1のレジスト膜R1に覆われていない多層膜20の両側の領域(以下、両側領域とよぶ)をイオンミリングなどでエッチングして除去する。

【0045】この場合、さらに、第2のリフトオフ用のレジスト膜R2(但し、第2のレジスト膜R2の方が第1のレジスト膜R1よりも、0.2~0.4μm小さい)を形成し、再度、エッチングする。このため、多層膜20は、図1に示すような全体略凸形状に形成できる。

【0046】この多層膜20は、ABS面側からハイト方向を見たときに、図1に示す概略断面において、積層(Z)方向下部でステップ面20bに相当する部分だけトラック幅(X)方向に延びる基部Bと、この基部B上の突出部Cとを有する構造となっており、基部Bにはシードレイヤ層(下地層)21、反強磁性層22及び固定磁性層23の一部が含まれるとともに、突出部Cには固定磁性層23の大部分、非磁性導電層24、フリー磁性層25、バックド層26及び保護層27が含まれている。

【0047】シードレイヤ層21は、下地層(図略)と、この上に積層した非磁性材料あるいは磁性材料で形成された配向層(図略)とで構成される。なお、このシードレイヤ層21は、一層の非磁性材料あるいは磁性材料で形成された配向層のみで構成してもよいが、配向層の結晶配向を整えるためには下地層を形成している方が好ましい。

【0048】下地層は、Ta (タンタル), Hf (ハフニウム), Nb (ニオブ), Zr (ジルコニウム), Ti (チタン), Mo (モリブデン), W (タングステン) のうち少なくとも1種または2種以上で形成するのが好ましい。

【0049】一方、配向層は、上記のように磁性材料あるいは非磁性材料で形成するが、特に高抵抗材料で形成するのが好ましい。この配向層は、例えばNiFeY合金 (ただしYは、Cr, Rh, Ta, Hf, Nb, Zr, Tiから選ばれる少なくとも1種以上) で形成する10 ののが好ましい。このうち、配向層はNiFeCr合金で形成するのがより好ましい。この配向層の(111)面を、より適切に反強磁性層22との界面と平行な方向に優先配向させることができ、さらに高抵抗にできるからである。

【0050】また、配向層が高抵抗であると、後述する電極層34から流れるセンス電流のシードレイヤ層21への分流を抑制することが可能である。これによって抵抗変化率( $\Delta MR$ )を向上させることができ、またバルクハウゼンノイズを減少させることができる。

【0051】シードレイヤ層21の上面(磁気抵抗効果素子の形成面 $\alpha$ )には、反強磁性層22が形成される。この反強磁性層22は、PtMn (プラチナマンガン) から形成されているが、例えば、元素X (ただしXは、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうち1種または2種以上の元素である) とMnとを含有する反強磁性材料、あるいは、元素Xと元素X' 合金 (ただし元素X' は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である) とMnを含有する反強磁性材料により形成することができる。これらの反強磁性材料は、耐食性に優れ、しかもブロッキング温度も高く、次に説明する固定磁性層23との界面で大きな交換結合磁界を発生し得る。

【0052】次に、この反強磁性層22の上には固定磁性層23が形成されている。固定磁性層23は、第1の固定磁性層23A、非磁性中間層23Bおよび第2の固定磁性層23Cで構成されたシンセティックフェリピンド層(SFP)で構成されているが、単層構造であってもよい。第1の固定磁性層23Aおよび第2の固定磁性層23Cは、例えばCoFe合金で形成されているが、Co膜、NiFe合金、CoNiFe合金、CoFe合金などで形成してもよい。なお、非磁性中間層23Bは、Ru, Rh, Irなどの材料で形成されている。

【0053】この3層構成により、第1の磁性層23Aと第2の磁性層23Cの磁化方向は互いに反平行状態にされる。これはいわゆるフェリ磁性状態と呼ばれるものであり、固定磁性層23の磁化を安定した状態にでき、

また固定磁性層23と反強磁性層22との界面で発生する交換結合磁界を大きくすることができる。この固定磁性層23が積層された後、ハイト方向(図示Y方向)への磁場中アニールを施すことで、固定磁性層23と反強磁性層22との界面で発生する交換結合磁界により、固定磁性層23の磁化はハイト方向(図示Y方向)に強固に固定される。

【0054】この固定磁性層23の上には非磁性導電層24が形成されている。この非磁性導電層24は、例えばCuなどの電気抵抗の低い導電性材料によって形成される。

【0055】次に、前記非磁性導電層24の上にはフリー磁性層25が形成される。このフリー磁性層25は、NiFe合金、CoFe合金、Co、CoNiFe合金などにより形成される。また、このフリー磁性層25は、非磁性導電層24と対向する側にCr又はCo膜をさらに設けてもよい。これにより、非磁性導電層24との界面での金属元素等の拡散を防止でき、抵抗変化率( $\Delta GMR$ )を大きくすることができる。

【0056】なお、このフリー磁性層25としては、第1のフリー磁性層、非磁性中間層及び第2のフリー磁性層を有するシンセティックフェリフリー(SFF)構造であってもよい。このシンセティックフェリフリー構造の場合には、第1のフリー磁性層及び第2のフリー磁性層には、それぞれ単層のものであって、CoFeNi合金が組成を限定して使用する一方、非磁性中間層には、Ru, Rh, Irなどが材料として使用可能であるがRuが好ましい。

【0057】これにより、同様に、第1のフリー磁性層及び第2のフリー磁性層の磁化は互いに反平行とされ、各フリー磁性層の磁化を安定した状態に保持でき、各フリー磁性層の磁気的な膜厚を薄く形成できる。その結果、フリー磁性層の磁化は、第1及び第2の磁性層が外部磁界に対し反平行を保ちながら反転しやすくなり、再生特性の向上を図ることができる。このフェリ構造は、固定磁性層23及びフリー磁性層25のどちらか一方において形成されていてもよい。

【0058】次に、フリー磁性層25の上には、バックド層26が形成されている。このバックド層26は、例えば、Cu等の金属材料や非磁性導電材料からなり、Au、Ag、Cuからなる群から選択された材料から構成することができる。このバックド層26により、磁気抵抗効果に寄与するアップスピン(上向きスピン; up spin)の電子における平均自由工程(mean free path)を延ばし、所謂スピニフィルター効果(spin filter effect)により、スピニバルブ型薄膜素子において、大きな $\Delta R/R$ (抵抗変化率)が得られ、高密度記録化に対応可能となる。

【0059】なお、このバックド層26の上に鏡面反射層を積層させてもよい。このように構成すれば、スピニ

フィルター効果と同時に、鏡面反射効果(specular effect)を発生させることができ、アップスピンの伝導電子の平均自由工程を大幅に伸ばすことができるので、ダウンスピン(下向きスピン; down spin)の伝導電子との平均自由工程差を十分拡大させることができるようになり、さらに抵抗変化率( $\Delta R/R$ )を向上させることができる。

【0060】なお、鏡面反射層を構成する絶縁材料としては、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{Co-Fe-O}$ 、 $\text{Co-Fe-Ni-O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al-Q-O}$  (ここで、Qは、B、Si、N、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niから選択される1種以上の原子)、 $\text{R-O}$  (ここで、Rは、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wから選択される1種以上の原子)等の酸化物、 $\text{Al-N}$ 、 $\text{Al-Q-N}$  (ここで、Qは、B、Si、N、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niから選択される1種以上の原子)、 $\text{R-N}$  (ここで、Rは、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wから選択される1種以上の原子)などの窒化物などを挙げることができる。

【0061】ここで、鏡面反射層として、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ や $\text{NiO}$ などの反強磁性体を用いた場合、鏡面反射層によって、バイアス層の一部、または全部を兼ねることができる。さらに、この鏡面反射層を構成する絶縁材料として、また、半金属ホイスラー合金からなる手段を採用することができ、 $\text{NiMnSb}$ 、 $\text{PtMnSb}$ のいずれか1つ以上の単層膜または多層膜でもよい。これらの材料を採用することで、隣接する層との間に、十分なポテンシャル障壁を形成することが可能であり、これにより十分な鏡面反射効果を得ることができる。

【0062】さらに、このバックド層26の上には、保護層27が形成される。この保護層27はTaなどで形成される。

【0063】上記したシードレイヤ層21から保護層27までの各層で構成される多層膜20には、シードレイヤ層21から反強磁性層22及び固定磁性層23の一部までで構成する基部Bのトラック幅(X)方向の両側面2aが、連続した第1の傾斜面20aを形成している。さらに、この基部Bの上面であるステップ面20bから上には、突出部Cのトラック幅(X)方向の両側面2aが前記保護層30の上面まで連続した第2の傾斜面20cを形成している。

【0064】多層膜20は、各層を形成面 $\alpha$ 上に成膜した後、(幅広の)リフトオフ用の第1のレジスト膜R1及び第1のレジスト膜R1よりも幅を狭めた(幅狭の)リフトオフ用の第2のレジスト膜R2を用い、これらのレジスト膜R1に覆われていない多層膜20の両側領域が、再度、イオンミリングなどでエッチングして除去される。これにより、多層膜20は、磁気記録媒体との対向面であるABS面から眺めたときに、第1の傾斜面と

第2の傾斜面との間にトラック幅(X)方向に平行なステップ面20bを形成した、全体略凸形状に形成される。

【0065】即ち、多層膜20の両側領域において、シードレイヤ層21の一部のみを残しその上側の各層全てを除去し、例えば、図6、図7に示すような台形状に形成する。この場合、多層膜20の基部Bの両側面2a、つまり第1の傾斜面20aの形成面 $\alpha$ に対する傾きは、この両側領域の多層膜を、例えばリフトオフ法でエッチングして除去することにより、所望の角度に形成できる。

【0066】このように台形状に形成した多層膜20の両側領域には、下から順にバイアス下地層31、第1のハードバイアス層32、第2のハードバイアス層33、電極層34及び図示外の保護層がそれぞれ積層されている。このうち、第2のハードバイアス層33は、図10に示すように、ステップ面20bの上に形成されており、第2のハードバイアス層33の平坦部33aが、フリー磁性層25の両側領域に直接、隣接して配置されている。第2のハードバイアス層33をこのような構造にすることで、十分なバイアス磁界をフリー磁性層25に印加することができるようになる。

【0067】なお、この多層膜20を挟んだ両側領域には、磁気記録媒体に臨む対向面であるABS面から見たときに、積層方向下方において、多層膜20の基部Bのトラック幅(X)方向両側の側面2a(第1の傾斜面20a)に接して設けた両側基部Eと、基部Bのステップ面20bに上から接する状態でこの両側基部E上に積層して設けた両側上部Fとを有する構造となっている。このうち、両側基部Eには、バイアス下地層31及び第1のハードバイアス層32が含まれるとともに、両側上部Fには、第2のハードバイアス層33及び電極層34が含まれる。

【0068】また、図10において、第2のハードバイアス層33では、フリー磁性層25の側面、つまり第2の傾斜面20cに直接接触して配置する傾斜部33bと、この傾斜部33bの下部に設けた平坦部33aとを備えた構成であるが、この平坦部33aの上面 $\beta$ の方がフリー磁性層25の上面25aよりも上方位置に配置される。一方、この平坦部33aの下面 $\gamma$ の方は、フリー磁性層25の下面25bよりも下方に配置される。なお、この実施形態の第2のハードバイアス層33は第1のハードバイアス層32に電気的に接触している。

【0069】図2は、図1に示す薄膜磁気ヘッドの左側部分のみを拡大した部分断面図である。この図2に示すように、多層膜20の両側領域において、形成面 $\alpha$ 上には、下から順位に、バイアス下地層31、第1のハードバイアス層32、第2のハードバイアス層33、電極層34が形成されている。

【0070】この図2から分かるように、第2のハード

バイアス層 33 には、多層膜 20 の突出部 C の両側面 2a (第 2 の傾斜面 20c) との間にバイアス下地層 31 が形成されていないため、フリー磁性層 25 を第 2 のハードバイアス層 33 に直接接触させることができる。このため、バイアス磁界を強磁性結合により、直接フリー磁性層 25 に印加させることができるようになり、双方の間には、直接、交換結合力が作用して安定した再生出力を得ることができるようになる。この場合、第 1 のハードバイアス層 32 は、勿論、反強磁性層 22 に当接しないから、これら双方の間には交換結合力が作用するといった不都合を生じることがない。

【0071】また、バイアス下地層 31 は、図 10 に示すように、下部ギャップ層 14 上に形成された平坦部 31a と、この平坦部 31a 上に形成された傾斜部 31b とで構成されるが、傾斜部 31b の上部は、第 2 のレジスト膜 R2 を用いた 2 回目に行うミリングによって除去させてある。

【0072】このバイアス下地層 31 は、結晶構造が体心立方構造 (bcc 構造) を有する金属膜で形成されている。即ち、Cr, W, Mo, V, Mn, Nb, Ta のいずれか 1 種または 2 種以上の元素で形成されることが好ましいが、特に、Cr 膜で形成することが好ましい。この Cr 膜は、第 1 のハードバイアス層 32 の結晶配向を整える機能に優れ、第 1 のハードバイアス層 32 の保磁力を適切に大きくすることができるからである。

【0073】また、このバイアス下地層 31 は、Cr を用いた場合、基板の法線となす角度  $\theta$  の方向から IBD で成膜するときの成膜角度  $\theta$  が 20 度 (基板の法線方向を 0 度とした) で成膜すると、図 11 に示すように、優先結晶配向が (110) となる。また、体心立方格子 (bcc) の Cr を用いたバイアス下地層 31 では、例えば成膜角度  $\theta$  を 50 度で成膜すると、図 12 に示すように、優先結晶配向が (110) の他に、(211)、(200) となる。このように、Cr の結晶配向方向に (211) や (200) が含まれると、第 1 のハードバイアス層 32 の一例である CoPt との結晶配向が [100] に優先配向し、六方晶である CoPt の c 軸が面内に向くような結晶配向を含むこととなり、第 1 のハードバイアス層 32 の保磁力を増大させることができる。

【0074】このように、結晶構造及び結晶配向性を有する金属膜によってバイアス下地層 31 を形成する理由は、このバイアス下地層 31 上に形成される第 1 のハードバイアス層 32 の保磁力を増大させるためである。また、かりに、バイアス下地層 31 を反強磁性層 22 の上に形成すると、反強磁性層 22 の結晶配向の影響により、バイアス下地層 31 の結晶性が低下し、第 1 のハードバイアス層 32 の結晶性も低下することとなるが、本発明によれば、バイアス下地層 31 の下には、反強磁性層 22 が形成されていない。従って、このような事態も防止できる。

【0075】次に、このバイアス下地層 31 上には第 1 のハードバイアス層 32 及び第 2 のハードバイアス層 33 が形成される。この第 2 のハードバイアス層 33 は、平坦部 33a の下面  $\gamma$  が、多層膜 20 の基部 B の上面、つまりステップ面 20b に上から接する状態で、突出部 C の両側面 2a (第 2 の傾斜面 20c) に接するまでトラック幅 (X) 方向に延出して積層されている。なお、第 1 のハードバイアス層 32 及び第 2 のハードバイアス層 33 は、それぞれ、CoPt 合金や CoPtCr 合金などで形成される。これら合金の結晶構造は、面心立方構造 (fcc) と稠密六方構造 (hcp) の混相となっている。

【0076】ここで、金属膜で形成されたバイアス下地層 31 と第 1 のハードバイアス層 32 を構成する CoPt 系合金の (hcp) 構造の格子定数は近い値となるために、第 1 のハードバイアス層 32 の CoPt 系合金の結晶構造は、(fcc) 構造を形成しづらく (hcp) 構造で形成されやすくなる。このとき、(hcp) 構造の c 軸は、CoPt 系合金の境界面内に優先配向される。この結果、(hcp) 構造は、(fcc) 構造に比べて c 軸方向に大きな磁気異方性を生じるため、第 1 のハードバイアス層 32 に磁界を与えたときの保磁力は大きくなる。

【0077】そして、第 1 のハードバイアス層 32 に接して第 2 のハードバイアス層 33 が形成される。この第 2 のハードバイアス層 33 は、図 2 に示すように、平坦部 33a の膜厚を D とすると、その膜厚の中間  $D/2$  に相当する位置が、膜厚 d を有するフリー磁性層 25 の膜厚の中間位置  $d/2$  とほぼ一致するような状態で成膜されている。

【0078】なお、第 2 のハードバイアス層 33 は、バイアス下地層 31 上に形成されて好ましい結晶配向に制御された第 1 のハードバイアス層 32 と直接接触して成膜されるため、強磁性結合により安定した大きなバイアス磁界を発生させることができる。しかも、この第 2 のハードバイアス層 33 は、第 1 のハードバイアス層 32 の直上またはバイアス下地層 31 の直上に成膜されるので、これらの層の影響により結晶配向が良好となる。

【0079】また、この第 2 のハードバイアス層 33 上には、電極層 34 が形成される。この電極層 34 には、Cr や Au などのスパッタ成膜、あるいは Ta 膜が一般に使用されている。さらに、この電極層 36 上には、Ta などで形成された保護層 37 が形成される。

【0080】以上のような構成の磁気抵抗効果素子 2 の上には、絶縁材料を使用して図示外の上部ギャップ層が形成され、この上部ギャップ層の上には磁性材料を使用して同じく図示外の上部シールド層が形成される。

【0081】このように構成されたスピナルバルブ型薄膜素子では、電極層 34 から固定磁性層 23、非磁性導電層 24 およびフリー磁性層 25 に定常電流 (センス電流)

が与えられ、しかも磁気記録媒体からハイト (Y) 方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層 25 の磁化方向がトラック幅 (X) 方向からハイト (Y) 方向に向けて変化する。このとき、フリー磁性層 25 と固定磁性層 23 の間では、非磁性導電層 24 と固定磁性層 23 との界面、及び非磁性導電層 24 とフリー磁性層 25 との界面で伝導電子のスピンに依存した散乱を起こし、電気抵抗が変化する。これにより、定常電流が変化し、再生出力を得ることができる。

【0082】なお、この実施形態では、薄膜磁気ヘッド 1 に巨大磁気抵抗効果を利用した GMR 素子の一種であるボトムスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子 2 を使用しているが、この他に、例えば、次に述べるデュアルスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子 2' を使用してもよい。

【0083】[第2の実施形態]次に、この発明の第2の実施形態について図3を参照しながら説明する。なお、この実施形態において、先の実施形態と同一部分には同一符号を付して重複説明を避ける。この第2の実施形態の磁気抵抗効果素子 2' は、デュアルスピンバルブ型で構成されており、この多層膜 20' については、前述のトップスピンバルブ型を構成する多層膜 20 とは異なり、シード層 (下地層) 21 よりも上層部分が、フリー磁性層 25 を中心にしてその上下に非磁性導電層 24、27 と、固定磁性層 23、28 と、反強磁性層 22、29 とが積層された構成となっている。また、これらの各層のうち、固定磁性層 23 及び固定磁性層 28 が、それぞれ非磁性中間層を介して2層に分断されている。

【0084】即ち、この多層膜 20' は、下から順に、シード層 (下地層) 21、(下側の) 反強磁性層 22、(下側の) 固定磁性層 23、(下側の) 非磁性導電層 24 A、フリー磁性層 25、(上側の) 非磁性導電層 24 B、(上側の) 固定磁性層 28、(上側の) 反強磁性層 29 及び保護層 27 とを積層させてある。

【0085】このうち、下側の固定磁性層 23 は、下から順に、第1の固定磁性層 23 A と、非磁性中間層 23 B と、第2の固定磁性層 23 C と積層してなる。フリー磁性層 25 は、下から順に、Co 又は CoFe、CoFeNi 等の Co 合金からなる第2の強磁性層 25 C と、NiFe 等からなる第3の強磁性層 25 B と、Co 又は CoFe、CoFeNi 等の Co 合金からなる第1の強磁性層 25 A とを積層してなる。

【0086】一方、上側の固定磁性層 28 は、下から順に、第2の固定磁性層 28 C と、非磁性中間層 28 B と、第1の固定磁性層 28 A とを積層してなる。これらは、下側の固定磁性層 23 と同一材料で形成される。なお、上側の非磁性導電層 24 B は、下側の非磁性導電層 24 A と同一材料で、また上側の反強磁性層 29 は下側の反強磁性層 22 と同一材料で形成される。

【0087】なお、この多層膜 20' でも、磁気記録媒体との対向面である ABS 面側から見た図 1 に示す概略

断面において、積層 (Z) 方向の下方でトラック幅

(X) 方向に延びる基部 B と、この基部 B の上の突出部 C とを有する構造となっている。そして、この基部 B には、シード層 (下地層) 21、(下側の) 反強磁性層 22 及び (下側の) 固定磁性層 23 の大部分が含まれる一方、突出部 C には、(下側の) 固定磁性層 23 の一部、(下側の) 非磁性導電層 24 A、フリー磁性層 25、(上側の) 非磁性導電層 24 B、(上側の) 固定磁性層 28、(上側の) 反強磁性層 29 及び保護層 27 が含まれている。

【0088】さらに、この多層膜 20' を挟んだ両側領域には、第1の実施形態と同様に、磁気記録媒体を臨む対向面である ABS 面から見たときに、積層方向の下方において、多層膜 20' の基部 B のトラック幅 (X) 方向の両側に位置するとともに両側面 2a、特に第1の傾斜面 20a に接して設けた両側基部 E と、基部 B のステップ面 20b に上から接する状態で積層するとともに両側面 2a、特に第2の傾斜面 20c に接して設けた両側上部 F とを有する構造となっている。このうち、両側基部 E には、バイアス下地層 31 及び第1のハードバイアス層 32 が含まれるとともに、両側上部 F には、第2のハードバイアス層 33 及び電極層 34 が含まれる。

【0089】また、この実施形態では、第2のハードバイアス層 33 には、傾斜部 (図1で 33b の領域がこれに相当) が形成されておらず、平坦部 (図1で 33a の領域がこれに相当) のみの構成であり、この上面  $\beta$  の方がフリー磁性層 25 の上面 25a よりも上方位置に配置される一方、この下面  $\gamma$  の方がフリー磁性層 25 の下面 25b よりも下方に配置されている。なお、この実施形態の第2のハードバイアス層 33 も第1のハードバイアス層 32 に電氣的に接触している。また第2のハードバイアス層 33 は、フリー磁性層 25 の側面、つまり第2の傾斜面 20c に直接接触して配置されており、フリー磁性層 25 に充分なバイアス磁界を印加することができる。

【0090】次に、図1に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法について、図4乃至図10を参照しながら説明する。なお、各図は記録媒体との対向面 (ABS 面) 側から見た部分断面図である。

【0091】(1) 最初に、図4に示すように、例えばアルチック (アルミナチタンカーバイト、AlTiC) などのセラミックス材料からなる基板 12 上に、図示外のアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) などで保護層 (アングコート) を積層させる。

【0092】(2) 次に、この保護層 (アングコート) 上に下部シールド層 13 を形成するとともに、この下部シールド層 13 の上に、電気絶縁性の高いセラミック、例えばアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) などで下部ギャップ層 14 を成膜する。

【0093】(3) 次に、図5に示すように、下部ギャ

ップ層 14 上の全面に、巨大磁気抵抗効果を利用した GMR (giant magnetoresistive) 素子の一種であるボトムスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子 2 を構成する多層膜 20 を形成する。

【0094】この多層膜 20 が、例えば、スピンフィルタタイプのボトムスピンバルブ型磁気抵抗効果素子 2 の場合、この多層膜 20 を構成する各層については、具体的には、下部ギャップ層 14 の上面  $\alpha$  に、先ず、シードレイヤ層 21 及び PtMn 合金などで形成された反強磁性層 22 を形成する。さらに、この反強磁性層 22 の上

に、NiFe 合金などの磁性材料で形成された固定磁性層 23、Cu など形成された非磁性導電層 24、NiFe 合金などで形成されたフリー磁性層 25、バックド層 26 及び Ta など形成された保護層 27 など形成する。

【0095】なお、スピンスペキュラータイプの場合には、鏡面反射層を適宜の位置に積層させる。また、この多層膜 20 が、デュアルバルブ型の多層膜 20' である場合には、シードレイヤ層 21 の上に、反強磁性層 22 からフリー磁性層 25 までの各層を下から順に積層させたのち、フリー磁性層 25 の上に、さらに、非磁性導電層 24B、固定磁性層 28 及び反強磁性層 29 を、下から順に積層させる。また、3 層フェリピンド型の固定磁性層の替わりに、単層の固定磁性層でもよいし、3 層フェリフリー型のフリー磁性層の替わりに、単層のフリー磁性層でもよい。

【0096】(4) このようにして、下部ギャップ層 14 の全面に多層膜 20 を形成したら、次に、トラック幅 Tw 領域の両側である両側領域に、下地層 31 や第 1 のハードバイアス層 32 を形成するため、図 6 に示すように、成膜された多層膜 20 のうち、第 1 のトラック領域 (Tw1) に対応する多層膜 20 のエリアに、幅広形状のリフトオフ用の第 1 のレジスト膜 R1 を塗布して、マスキングを行う。

【0097】(5) そして、例えばエッチング、例えばIBE (ion-beam etching) などにより、そのトラック領域 (Tw1) 以外のエリア、つまり両側領域を除去する。このようにして、両側領域については、図 6 に示すように、多層膜 20 の最下層であるシードレイヤ層 21 の下の下部ギャップ層 14 の厚さのほぼ中間部分まで除去する。つまり、多層膜 20 の両側領域において、下部ギャップ層 14 の上面 (磁気抵抗効果素子の形成面  $\alpha$ ) よりも下のところまで、イオンミリング法などのエッチング処理により除去する。これにより、残された多層膜 20 は、両側面 2a が上面まで連続した傾斜面となり、多層膜 20 はほぼ台形状となる。

【0098】(6) このようにして、両側領域の多層膜 20 を除去したならば、次に、図 7 に示す工程では、多層膜 20 の両側領域である除去した凹所に、バイアス下地層 31、第 1 のハードバイアス層 32 を下から順に所

定膜厚にスパッタ成膜する。なお、多層膜 20 上の両側領域で挟まれたトラック領域には、前述のリフトオフ用の第 1 のレジスト膜 R1 を設けてあり、スパッタ粒子を一定角度  $\theta$  に傾けて成膜させるので、各層について、それぞれ、平坦部及び (多層膜 20 の両側面 2a の最上部に向けて) 上方へ傾斜した傾斜部が形成される。

【0099】特に、バイアス下地層 31 のスパッタの際、成膜角度を十分に傾斜させて、例えば 50 度以上の成膜角度でスパッタ成膜する。これにより、後述するように、その直上に成膜する第 1 のハードバイアス層 32 には大きな保持力 (Hc) が得られる。

【0100】バイアス下地層 31 は、Cr, W, Mo, V, Mn, Nb, Ta のうちいずれか 1 種以上を選択できる。このうち Cr 膜でバイアス下地層 31 を形成することが好ましい。第 2 のハードバイアス層 32 は、CoPtCr 合金などにより成膜する。なお、バイアス下地層 31、第 1 のハードバイアス層 32 は、形成面  $\alpha$  の垂直方向 (図示 Z 方向) に対して、スパッタ粒子入射角度  $\theta$  (成膜角度  $\theta$ ) を有してスパッタ成膜される。この成膜角度  $\theta$  は、具体的には 30° 以上で 70° 以下であることが好ましい。より好ましくは 40° 以上で 60° 以下である。

【0101】(7) さらに、図 8 に示すように、多層膜 20 の上面の中央部に位置合わせして、第 1 のリフトオフ用のレジスト膜 R1 よりも幅の狭い第 2 のリフトオフ用のレジスト膜 R2 を設けるとともに、イオンミリングなどにより、ハードバイアス層 32 (これが第 1 のハードバイアス層 32 に相当する) の前処理ミリングを行う。なお、第 2 のレジスト膜 R2 のトラック幅 (X) 方向の長さ L2 は、第 1 のレジスト膜 R1 の同方向の長さ L1 よりも 0.2 ~ 0.4  $\mu\text{m}$  程度小さく形成されている。

【0102】この場合、深さ (Z) 方向については、例えば破線で示すように、固定磁性層 23 の一部が残る程度の深さまで浅くオーバエッチングを行い、ハードバイアス層 32 の平坦部の膜厚の略 100 Å のところまで両側領域を除去する。また、トラック幅 (X) 方向については、例えば破線で示すように、多層膜 20 の上面 20d (第 1 トラック幅 Tw1) の長さの略 0.2  $\mu\text{m}$  のところまでを除去する。これにより、図 9 に示すような多層膜 20 が一段ステップを有する略凸形状に形成される。即ち、これにより、多層膜 20 には、シードレイヤ層 21、反強磁性層 22 及びフリー磁性層 23 の一部からなる基部 B と、トラック幅方向 (X 方向) に突出した突出部 C とを形成する。

【0103】(8) 次に、図 10 において、第 2 のハードバイアス層 33 が多層膜 20 の側面 2a、特に第 2 の傾斜面 20c でフリー磁性層 25 に直接接触するように、IBD (イオン・ビーム・デポジション) などスパッタ成膜する。このときの成膜角度は、20° であ

10

20

30

40

50



る。このときの第2のハードバイアス層33は、例えば図2に示すように、平坦部33aの膜厚Dの半分である $D/2$ の位置が、フリー磁性層25の膜厚dの半分である $d/2$ の位置と略一致するような状態で成膜する。

【0104】この第2のハードバイアス層33の成膜を行う場合に、前処理ミリングにより両側領域（バイアス下地層31および第1のハードバイアス層32）を除去する深さを浅くしてあるので、第2のハードバイアス層33の平坦部33aが十分な厚さでフリー磁性層25に当接させることができるようになり、バイアス下地層31の傾斜部31bがフリー磁性層25に当接するのを回避できる。

【0105】(9)その後、図10に示すように、第2のハードバイアス層33より上層部分を積層する。

【0106】(10)次に、多層膜20及び電極層34の上に、電気絶縁性の高いセラミック、例えばアルミナ( $Al_2O_3$ )などで図示外の上部ギャップ層を積層する。さらに、この上に同じく図示外の上部シールド層などを形成すると、図1に示す薄膜磁気ヘッド1が完成する。

【0107】

【実施例】次に、前述した製造法によってスピナル型薄膜素子を形成した場合、図7に示す成膜工程で、イオンビームスパッタ法によりスパッタ成膜するときのスパッタ粒子の入射角 $\theta$ （成膜角度）を変化させ、そのとき得られたバイアス下地層31であるCr膜について、その膜表面に配向する結晶面をX線解析（XRD）によって調べる実験を行った。そのときの結果を、図11及び図12に示す。

【0108】図11は、Siを用いた基板（Si基板）の表面の法線方向に対して20度の角度からスパッタ粒子を入射させてCr膜を成膜したときの結果、図12は、Si基板の表面の法線方向に対して50度の角度からスパッタ粒子を入射させCr膜を成膜したときの結果である。

【0109】図11に示すように、20度の成膜角度でスパッタ粒子を入射させてCr膜を成膜させたときには、得られたCr膜の膜表面に配向する結晶面は(110)面が見られるのみであることが分かる。一方、成膜角度を50度にすると、図12に示すように、得られたCr膜の膜表面に配向する結晶面には(200)面、(211)面も見出されることが分かる。なお、この場合、バイアス下地層を構成するCr膜は、単層であって、結晶構造は体心立方格子（bcc）構造である。

【0110】次に、Si基板上に、イオンビームスパッタ法を用いて、バイアス下地層31を構成するCr膜と第1のハードバイアス層32を構成するCoPt膜の2層膜をスパッタ成膜し、CoPt膜の膜表面に配向する結晶面をX線回折によって調べてみた。このときの結果を図13に示す。なお、Cr膜を成膜するとき、スパ

ッタ粒子の成膜角度は、20度から70度の範囲で変化させた。

【0111】この図13のグラフから分かるように、バイアス下地層31であるCr膜の成膜角度を、20度（aで示す）、50度（bで示す）、60度（cで示す）、70度（dで示す）と次第に大きくすると、その上に成膜される第1のハードバイアス層32の[002]のピーク強度は小さくなり、逆に[100]のピーク強度は大きくなっていくことが分かる。即ち、第1のハードバイアス膜32であるCoPt膜の表面結晶配向は、[002]面から[100]面へと変化する。つまり、CoPt膜の表面結晶配向は、c軸が膜面垂直配向から膜面内配向へと変化する。また、この場合、CoPt膜の保磁力（Hc）も、1700（Oe）、2140（Oe）、2385（Oe）、2460（Oe）へと次第に増大していく。

【0112】従って、前述したような方法で製造したスピナル型薄膜素子によれば、例えば、バイアス下地層31であるCr膜の成膜角度を70度程度（図13中のdで示す）にして成膜することにより、第1のハードバイアス膜32であるCoPt膜の保磁力（Hc）を増大させることができるようになる。そのため、これに接触するように第2のハードバイアス膜33を成膜角度 $\theta$ を小さくして成膜しても、この第2のハードバイアス膜33には、第1のハードバイアス膜32からの大きな保磁力（Hc）を増大させることができるようになる。

【0113】

【発明の効果】以上説明してきたように、この発明によれば、第2のハードバイアス層の平坦部が、直接フリー磁性層に接しており、換言すれば、十分なバルクのハードバイアス層をフリー磁性層に当接させることができるようになっており、その分、大きなバイアス磁界をフリー磁性層に印加できるようになるから、良好な再生特性を得ることができる。

【0114】また、この発明によれば、バイアス下地層を介在させなくても、反強磁性層と第2のハードバイアス層との間で直接当接することが防止できるようになるので、これらの間で不要な交換結合磁界の発生を防止して、反強磁性層の磁化方向とハードバイアス層の磁化方向との直交性を確保することができる。

【0115】さらに、この発明によれば、バイアス下地層の成膜角度を大きくして成膜することにより、この上層に成膜した第1のハードバイアス層には大きな保磁力が得られるようになる。従って、これと接する第2のハードバイアス層も大きな保磁力を発揮することができるので、フリー磁性層には大きなバイアス磁界を印加できるようになり、安定した再生出力を得ることが可能になる。しかも、この第2のハードバイアス層は、成膜角度を小さくして成膜しても大きな保磁力を発揮することができるようになるので、従来のようにハー

ドバイアス層に先細りの傾斜部が形成されることがなく、十分な膜厚を有するハードバイアス層の平坦部をフリー磁性層の両側面に接合させることができ、ひいては大きなバイアス磁界をフリー磁性層に印加することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態に係るスピバルブ型薄膜素子をABS面から見たときの状態を示す断面図である。

【図2】図1に示すスピバルブ型薄膜素子の要部断面図である。

【図3】この発明の第2の実施形態に係るデュアルスピバルブ型薄膜素子をABS面から見たときの状態を示す断面図である。

【図4】図1に示すスピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図5】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図6】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図7】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図8】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図9】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図10】同スピバルブ型薄膜素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【図11】Cr膜を20度の成膜角度で成膜した場合のX線解析結果を示すグラフである。

【図12】Cr膜を50度の成膜角度で成膜した場合のX線解析結果を示すグラフである。

【図13】Cr/Cot積層膜のX線解析結果を示すグラフである。

【図14】従来の製造方法で形成された同スピバルブ型薄膜素子をABS面から眺めた図である。

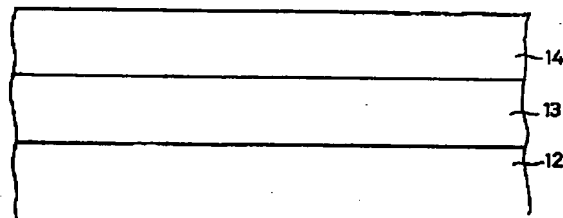
#### 【符号の説明】

- 12 基板
- 13 下部シールド層
- 14 下部ギャップ層

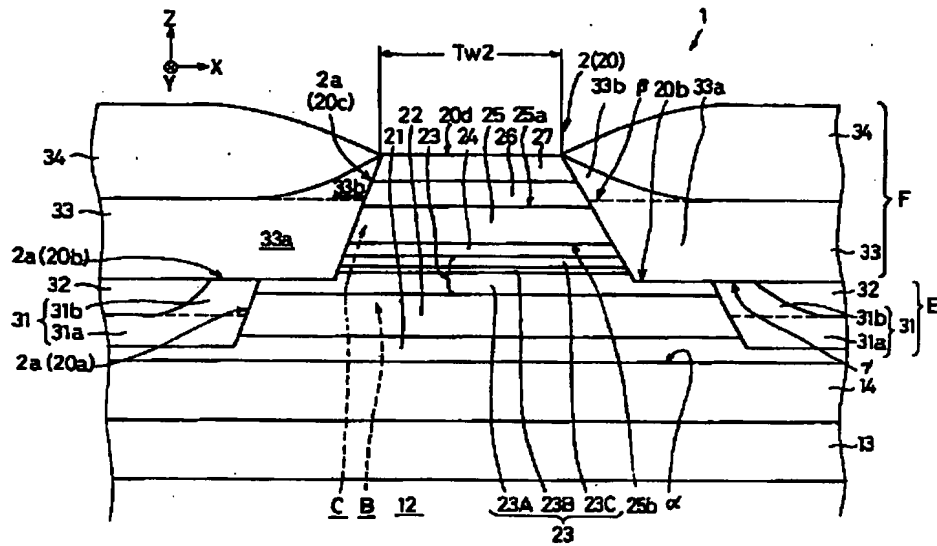
\* 40

- \* 2 磁気抵抗効果素子
- 2a 両側面
- 20 20' 多層膜
- 20a 第1の傾斜面（両側面）
- 20b ステップ面
- 20c 第2の傾斜面（両側面）
- 20d 上面
- 21 シードレイヤ層
- 22 反強磁性層
- 23 固定磁性層
- 24 非磁性導電層
- 24A 非磁性導電層
- 24B 非磁性導電層
- 25 フリー磁性層
- 26 バックド層
- 28 固定磁性層
- 29 反強磁性層
- 31 バイアス下地層
- 31a 平坦部
- 31b 傾斜部
- 32 第1のハードバイアス層
- 33 第2のハードバイアス層
- 33a 平坦部
- 33b 傾斜部
- 34 電極層
- $\alpha$  形成面
- $\beta$  第2のハードバイアス層の上面
- $\gamma$  第2のハードバイアス層の下面
- B 基部
- C 突出部
- E 両側基部
- F 両側上部
- R1 リフトオフ用の第1の（広幅）レジスト膜
- R2 リフトオフ用の第2の（狭幅）レジスト膜
- Tw1 第1のトラック幅
- Tw2 第2のトラック幅
- X トラック幅方向
- Y ハイト方向
- Z 積層方向

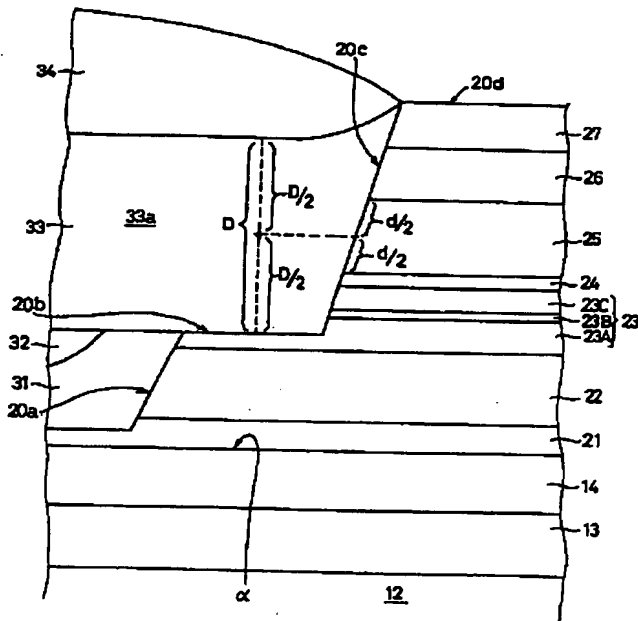
【図4】



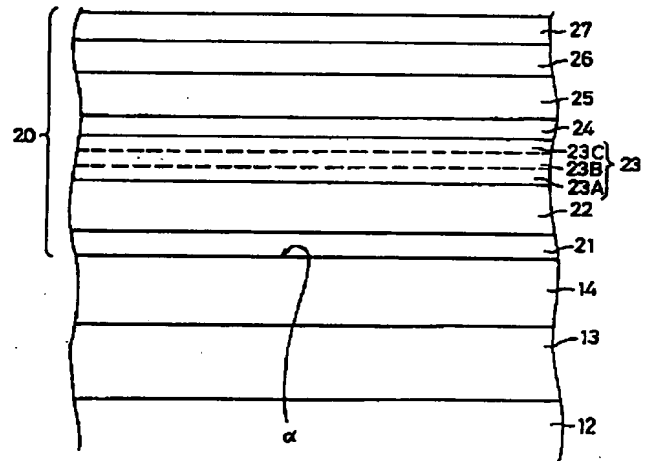
【図 1】



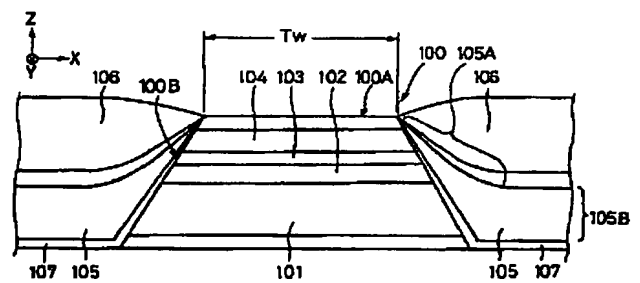
【図 2】



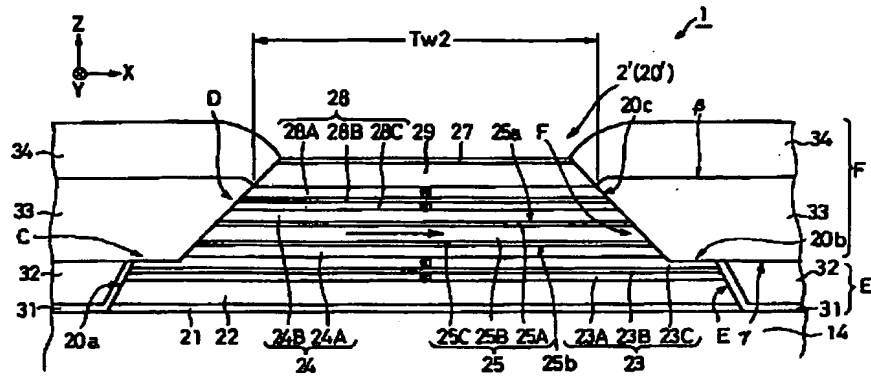
【図 5】



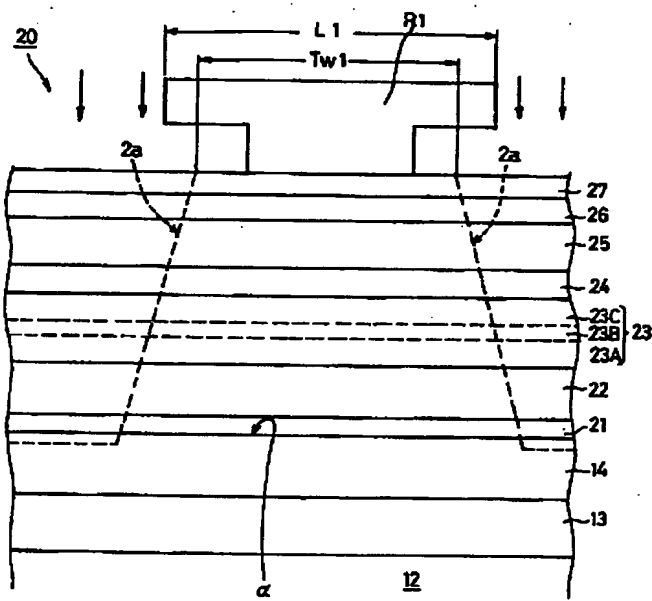
【図 14】



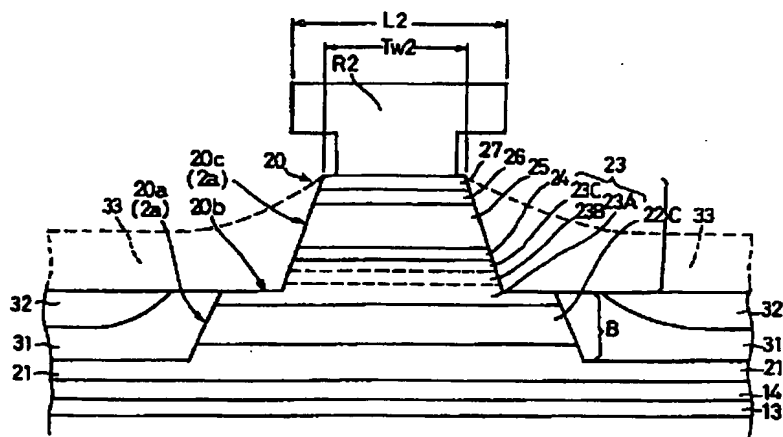
【図 3】



【図 6】



【図 9】





[illegible]

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H O 1 L 43/12

G O 1 R 33/06

R

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AC09 AD55 AD65  
5D034 BA03 BA05 BA12 BA21 CA08  
DA07  
5E049 AA04 AC05 BA12 CB02